Ilmu Pengetahuan Alam
untuk SMA Kelas X

Penulis
Ayuk Ratna Puspaningsih
Elizabeth Tjahjadarmawan
Niken Resminingpuri Krisdianti

Penelaah
Anna Permanasari
Ida Kaniawati
Erisda Eka Putra
Ari Widodo
Taufikurahman
Wahyu Srigutomo

Penyelia
Pusat Kurikulum dan Perbukuan

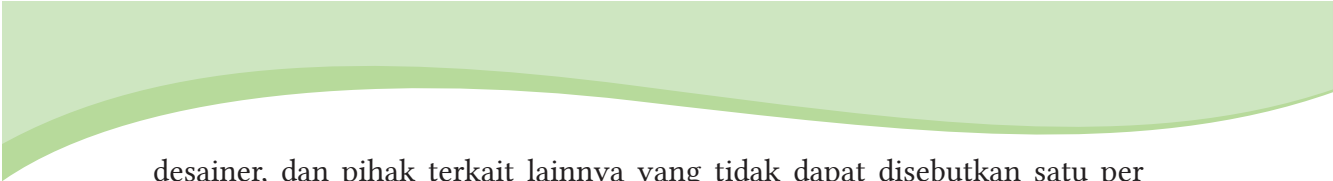
Ilustrator
Fajar Aditama

Penyunting
Wahyu Noveriyanto

Penata Letak (Desainer)
Wahyu Putri Novilestari
Wahyu Noveriyanto

Penerbit
Pusat Kurikulum dan Perbukuan
Badan Penelitian dan Pengembangan dan Perbukuan
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi
Jalan Gunung Sahari Raya No. 4 Jakarta Pusat

Cetakan pertama, 2021
ISBN 978-602-244-379-7 (Jilid Lengkap)
ISBN 978-602-244-380-3 (Jilid 1)

Isi buku ini menggunakan huruf Linux Libertine 12/16 pt. Philipp H. Poll
xviii, 262 hlm.: 17,6 × 25 cm.

Kata Pengantar

Pusat Kurikulum dan Perbukuan, Badan Penelitian dan Pengembangan dan Perbukuan, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi mempunyai tugas penyiapan kebijakan teknis, pelaksanaan, pemantauan, evaluasi, dan pelaporan pelaksanaan pengembangan kurikulum serta pengembangan, pembinaan, dan pengawasan sistem perbukuan. Pada tahun 2020, Pusat Kurikulum dan Perbukuan mengembangkan kurikulum beserta buku teks pelajaran (buku teks utama) yang mengusung semangat merdeka belajar. Adapun kebijakan pengembangan kurikulum ini tertuang dalam Keputusan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 958/P/2020 tentang Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah.

Kurikulum ini memberikan keleluasan bagi satuan pendidikan dan guru untuk mengembangkan potensinya serta keleluasan bagi siswa untuk belajar sesuai dengan kemampuan dan perkembangannya. Untuk mendukung pelaksanaan Kurikulum tersebut, diperlukan penyediaan buku teks pelajaran yang sesuai dengan kurikulum tersebut. Buku teks pelajaran ini merupakan salah satu bahan pembelajaran bagi siswa dan guru.

Pada tahun 2021, kurikulum dan buku akan diimplementasikan secara terbatas di Sekolah Penggerak. Hal ini sesuai dengan Keputusan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 1177 Tahun 2020 tentang Program Sekolah Penggerak. Tentunya umpan balik dari guru dan siswa, orang tua, dan masyarakat di Sekolah Penggerak sangat dibutuhkan untuk penyempurnaan kurikulum dan buku teks pelajaran ini.

Selanjutnya, Pusat Kurikulum dan Perbukuan mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang terlibat dalam penyusunan buku ini mulai dari penulis, penelaah, reviewer, supervisor, editor, ilustrator,

desainer, dan pihak terkait lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Semoga buku ini dapat bermanfaat untuk meningkatkan mutu pembelajaran.

Jakarta, Juni 2021
Kepala Pusat Kurikulum dan Perbukuan,

Maman Fathurrohman, S.Pd.Si., M.Si., Ph.D.
NIP 19820925 200604 1 001

Prakata

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas izin dan karuniaNya maka buku Ilmu Pengetahuan Alam Kelas X ini dapat selesai. Buku ini digunakan oleh peserta didik kelas X jenjang SMA sebagai buku teks yang menjadi sumber belajar utama.

Buku ini terdiri dari delapan bab. Setiap babnya diawali dengan konteks atau tema yang dapat dengan mudah ditemukan di sekitar peserta didik, yang berkaitan dengan materi sains yang akan dibahas. Peserta didik diajak untuk memiliki kesadaran sebagai warganegara global yang bertanggung jawab untuk merespon isu-isu global. Peserta didik dapat berkontribusi menyelesaikan isu-isu global yang sedang terjadi itu misalnya pandemik virus Covid-19, pencemaran lingkungan, pemanasan global, ketahanan pangan, peluangan pemanfaatan sumberdaya alam berbasis teknologi terkini, sumber energi ramah lingkungan, dan lain-lain yang dapat dilakukan dari rumah masing-masing. Bab 1 tentang Pengukuran yang mendorong peserta didik untuk menyadari pentingnya melakukan pengukuran dengan teliti dan presisi, serta menggunakan alat ukur yang sesuai, sehingga pengetahuan dan keterampilan tersebut dapat digunakan untuk memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari. Bab 2 membahas tentang virus, bagaimana virus bereproduksi dan apa peranan virus, sehingga peserta didik dapat menemukan sebuah solusi dalam mencegah penyebaran virus yang menyebabkan penyakit. Bab 3 berisi ulasan kimia hijau yang mendorong peserta didik untuk mengenal dan menyadari pentingnya prinsip kimia hijau dan reaksi kimia hijau. Prinsip ini harus selalu menyertai semua kegiatan baik dalam dunia industri, perkantoran, sekolah, aktivitas masyarakat, dan rumah tangga. Bab 4 memberi landasan kimia kepada peserta didik yaitu ulasan konsep teoretis maupun hitungan hukum-hukum dasar kimia yang dapat diterapkan dalam menyelesaikan permasalahan sederhana yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Bab 5 memberi wawasan kepada peserta didik sehingga memiliki rasa ingin tahu terhadap unsur-unsur logam tanah jarang sebagai nanomaterial dalam perkembangan nanoteknologi. Ulasan konsep teoretis dibahas berdasarkan sudut pandang ilmu kimia yaitu struktur atom, konfigurasi elektron, dan jari-jari atom sebagai sifat periodik unsur.

Bab 6 membahas mengenai krisis kebutuhan energi yang sedang terjadi saat ini. Dengan wawasan yang dimiliki peserta didik tentang macam-macam bentuk energi dan sumber energi yang tersedia di sekitar tempat tinggal dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi, minimal untuk konsumsi energi pribadi. Selain itu, wawasan mengenai energi ini diharapkan dapat menumbuhkan sikap bijak dalam menggunakan energi, sehingga memiliki gaya hidup yang lebih ramah energi. Pada bab 7, peserta didik belajar memahami bahwa makhluk hidup beranekaragam dan pentingnya keanekaragaman, pengelompokkan makhluk hidup dan interaksi makhluk hidup dalam ekosistem sehingga peserta didik dapat menemukan solusi pemanfaatan secara bijak spesies tertentu untuk menjaga keseimbagan ekosistem. Setelah peserta didik mempelajari bab 1 hingga bab 7 maka bab 8 merupakan terapan IPA terpadu yang mengajak peserta didik untuk membuka wawasan terhadap perubahan iklim global yang sedang terjadi saat ini serta solusinya. Selain pembahasan konsep materi yang sesuai dengan Capaian Pembelajaran Fase E juga disajikan aktivitas terhadap penerapan konsep materi tersebut.

Keunggulan buku ini yaitu isinya yang disesuaikan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terkini, mengangkat *issue* global, melatih berpikir tingkat tinggi, sajian soal-soal dengan pendekatan PISA, dan aktivitas proyek kolaborasi yang mengarah pada kontribusi tercapainya agenda pembangunan berkelanjutan PBB 2030. Selain itu sistematika penulisannya yang terperinci diharapkan peserta didik mengalami proses pembelajaran yang menyenangkan dan bermakna dalam konsep merdeka belajar..

Akhir kata, harapan Penulis semoga buku ini dapat memberikan kontribusi nyata bagi kemajuan pendidikan di Indonesia. Penulis menantikan masukan dari pembaca untuk penyempurnaan isi buku di masa yang akan datang.

Jakarta, Juni 2021

Tim Penulis

Daftar Isi

"Pendidikan adalah senjata paling mematikan di dunia, karena dengan pendidikan, Anda dapat mengubah dunia."

Nelson Mandela

Daftar Gambar

Petunjuk Penggunaan Buku

Pada hakikatnya IPA yang mencakup Fisika, Kimia dan Biologi mempelajari permasalahan kehidupan yang berkaitan dengan materi beserta gerak dan perilakunya dalam lingkup ruang dan waktu, serta gaya dan energi, mahkluk hidup dan segala bioproses yang terjadi, serta susunan, struktur, sifat dan perubahan materi. Melalui pembelajaran IPA, Kalian dilatih memecahkan masalah kehidupan sehari-hari guna menunjang pembangunan yang berkelanjutan melalui keterampilan proses.

Buku ini dirancang dengan berbagai aktivitas belajar yang mengasah kreativitas, berpikir kritis, mengembangkan keterampilan proses, bekerja sama dan berkomunikasi untuk memecahkan masalah kehidupan sehari-hari untuk menunjang pembangunan yang berkelanjutan. Buku ini terdiri dari 8 bab utama dengan bagian-bagian sebagai berikut.

1. **Cover bab**

   Berisi:
   - gambar yang berkaitan dengan materi pada bab tersebut,
   - tujuan pembelajaran, dan
   - kata kunci yang menjadi fokus pada bab tersebut.

2. **Pengantar bab**

Pada bagian awal setiap bab ditampilkan kejadian-kejadian dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan materi pada bab tersebut.

Truck Batok Patah Baut Roda Belakang, Ditabrak Hingga Truck Barang Terbalik

Pada 8 Desember 2020 silam, sebuah truk mengalami patah baut roda belakang di daerah jalan lintas Sumatera, Medan (**Gambar 1.1**). Banyak faktor yang dapat menyebabkan patah baut pada ban belakang, seperti muatan pada truk melebihi kapasitas maksimum, ukuran mur dan baut tidak sesuai, penggunaan baut dengan material bahan yang tidak sesuai, dan lain-lain.

Gambar 1.1. Kasus kecelakaan lalu lintas yang terjadi di jalan lintas Sumatera.

Gambar 1.2. Baut roda belakang truk fuso

Bagaimana cara memastikan ukuran baut sudah sesuai dengan murnya? Bagaimana cara memastikan bahan material mur dan baut sudah benar? Kalian akan menelusurinya pada bab ini.

2 Ilmu Pengetahuan Alam | Kelas X

3. **Aktivitas**

Selain disajikan materi, dalam buku ini ini juga disajikan berbagai aktivitas. Aktivitas ini dalam berbagai bentuk kegiatan seperti pemerolehan dan penelaahan informasi dari artikel, pengamatan sederhana di lingkungan sekitar, menyimak video, dan praktikum sederhana.

Ayo Berlatih

Pada fitur ini ditampilkan beragam jenis pertanyaan yang berkaitan dengan materi pada sub-bab atau bab tersebut.

5. **Proyek**

Pada kegiatan ini Kalian diajak menemukan masalah hingga memberikan solusi permasalahan melalui sebuah proyek yang berkaitan dengan materi pada bab tersebut.

6. **Intisari**

Pada akhir bab Kalian akan disajikan ringkasan tentang konsep kunci materi pada masing-masing bab yang ditampilkan dalam pernyataan.

Proyek

Tahap 3. Kampanyekan Proyek

Setelah Kalian menemukan kelompok dan karakteristik dari spesies [illegible] Kalian pada **Proyek Tahap 2**, lakukanlah kajian literatur [illegible] peranan spesies tersebut bagi kehidupan manusia (secara sosial, [illegible] dan ekonomi). Setelah itu buatlah solusi bagaimana caranya [illegible] spesies ini dimanfaatkan secara bijak sehingga keseimbangan [illegible] tetap terjaga. Laporkan dan kampanyekan hasil proyek Kalian dalam bentuk tulisan atau lisan di media sosial Kalian.

Intisari

- Keberagaman makhluk hidup memiliki peranan penting dalam keseimbangan ekosistem.
- Keanekaragaman hayati adalah keberagaman yang terjadi pada [illegible] hidup yang menunjukkan adanya variasi gen, spesies dan [illegible] pada suatu daerah.
- Keanekaragaman hayati bermanfaat untuk sandang, pangan, papan, [illegible]-obatan, kecantikan, plasma nutfah dan keseimbangan ekosistem.
- [illegible] makhluk hidup dilakukan berdasarkan persamaan dan perbedaan ciri morfologi, anatomi dan fisiologi dari makhluk hidup.
- Interaksi antar komponen ekosistem secara dinamis akan mempertahankan keseimbangan ekosistem.
- Pemanfaatan keanekaragaman hayati dengan bijak adalah salah satu upaya dalam melestarikan keanekaragaman hayati.

172 Ilmu Pengetahuan Alam | Kelas X

Ayo Refleksi

Setelah Kalian mempelajari Bab 7, pembelajaran apa yang [illegible] Kalian ambil?

Bagaimanakah sebaiknya Kalian bersikap terhadap makhluk [illegible] lainnya?

Ayo Cek Pemahaman

Jawablah pertanyaan berikut.

1. Ketika Rina pergi ke pasar, dia membeli beberapa binatang untuk dikonsumsi yaitu belut, ayam, lele, sapi, bebek dan ikan. Sesampainya di rumah Rina mengelompokkan binatang tersebut agar mudah untuk [illegible]. Buatlah pengelompokan sederhana untuk binatang tersebut! Bagaimana cara Kalian mengelompokkannya?
2. Perhatikan jaring makanan makanan berikut.

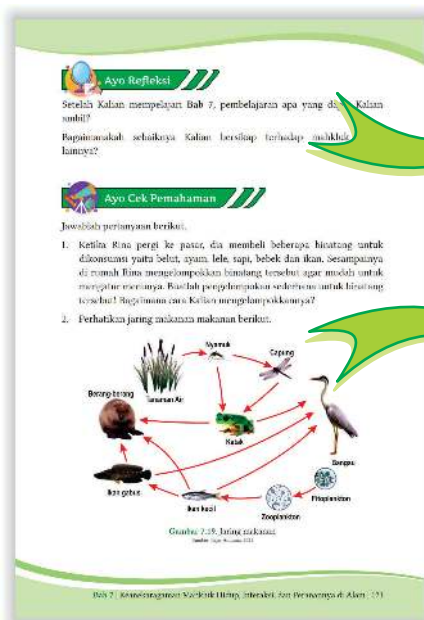
Gambar 7.19. Jaring makanan

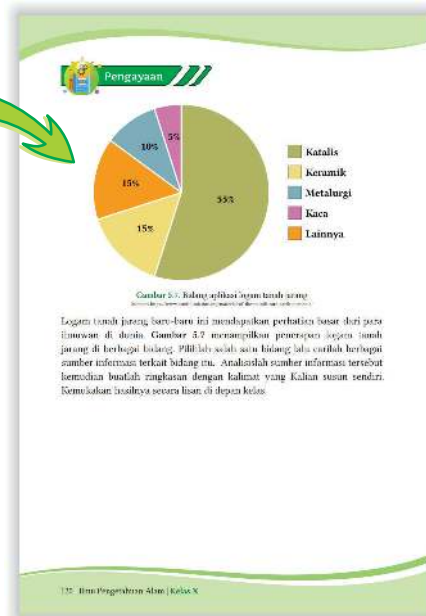
Bab 7 | Keanekaragaman Makhluk Hidup, Interaksi, dan Peranannya di Alam | 171

7. **Ayo Refleksi**

Pada kegiatan ini Kalian diajak untuk berpikir secara mendalam terkait materi yang sudah dipelajari dan mengidentifikasi kekurangannya, manfaat dan sikap Kalian setelah mempelajari materi tersebut.

8. **Ayo Cek Pemahaman**

Pada akhir bab, Kalian akan disajikan berbagai pertanyaan tentang materi pada bab tersebut. Pertanyaan-pertanyaan yang dimunculkan dalam berbagai bentuk dan tidak hanya untuk mengases pengetahuan tetapi juga keterampilan proses Kalian serta melatih Kalian untuk terbiasa dengan soal AKM.

9. **Pengayaan**

Pada akhir bab Kalian akan disajikan informasi tambahan terkait materi yang sudah dipelajari.

Pengayaan

Gambar 5.7. Bidang aplikasi logam tanah jarang

Logam tanah jarang baru-baru ini mendapatkan perhatian besar dari para ilmuwan di dunia. Gambar 5.7 menampilkan penerapan logam tanah jarang di berbagai bidang. Pilihlah salah satu bidang lalu carilah berbagai sumber informasi terkait bidang itu. Analisislah sumber informasi tersebut kemudian buatlah ringkasan dengan kalimat yang Kalian susun sendiri. Kemukakan hasilnya secara lisan di depan kelas.

Ilmu Pengetahuan Alam | Kelas X

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2021

Ilmu Pengetahuan Alam
untuk SMA Kelas X

Penulis: Ayuk Ratna Puspaningsih, Elizabeth Tjahjadarmawan, Niken Resminingpuri Krisdianti
ISBN: 978-602-244-380-3

Bab 1 Pengukuran dalam Kegiatan Kerja Ilmiah

Kata kunci

- Besaran
- Besaran pokok
- Besaran turunan
- Satuan
- Dimensi
- Angka penting
- Notasi ilmiah
- Jangka sorong
- Mikrometer sekrup
- Pengukuran tunggal
- Pengukuran berulang
- Kesalahan pengukuran
- Ketidakpastian pengukuran

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Bab ini, Kalian dapat

1. mengklasifikasikan macam-macam alat ukur berdasarkan besaran yang diukur,
2. mengukur dengan menggunakan alat ukur yang sesuai,
3. melakukan pengolahan data hasil pengukuran dengan menggunakan aturan angka penting,
4. menuliskan hasil pengukuran dengan menggunakan aturan penulisan notasi ilmiah,
5. menentukan nilai ketidakpastian pada pengukuran berulang, dan
6. merancang percobaan untuk menyelidiki suatu kasus terkait pengukuran.

Selasa, 08 Des 2020 10:08 WIB

Terjadi di Jalan Lintas Sumatera-Medan

Truck Balok Patah Baut Roda Belakang, Ditabrak Hingga Truck Barang Terbalik

Penulis: Marimbun Marpaung

Pada 8 Desember 2020 silam, sebuah truk mengalami patah baut roda belakang di daerah jalan lintas Sumatera, Medan (**Gambar 1.1**). Banyak faktor yang dapat menyebabkan patah baut pada ban belakang, seperti muatan pada truk melebihi kapasitas maksimum, ukuran mur dan baut tidak sesuai, penggunaan baut dengan material bahan yang tidak sesuai, dan lain-lain.

Gambar 1.1. Kasus kecelakaan lalu lintas yang terjadi di jalan lintas Sumatera.

Sumber: gosumut.com (2020)

Gambar 1.2. Baut roda belakang truk.

Sumber: Pixabay.com/Kalina Parker (2018)

Bagaimana cara memastikan ukuran baut sudah sesuai dengan murnya? Bagaimana cara memastikan bahan material mur dan baut sudah benar? Kalian akan menelusurinya pada bab ini.

Ayo berpikir kreatif

Tuliskanlah pada buku latihan dan tanyakanlah pada guru pertanyaan lainnya yang timbul pada benak Kalian?

1.1. Macam-macam Alat Ukur

Coba Kalian amati **Gambar 1.3**. Tentu Kalian tidak asing bukan dengan aktivitas tersebut? Apapun bidang pekerjaannya, aktivitas yang dilakukan masyarakat dalam kehidupan sehari-hari tidak lepas dari kegiatan pengukuran, sehingga penting bagi Kalian untuk dapat memahami tentang prinsip-prinsip pengukuran.

(a) (b) (c)

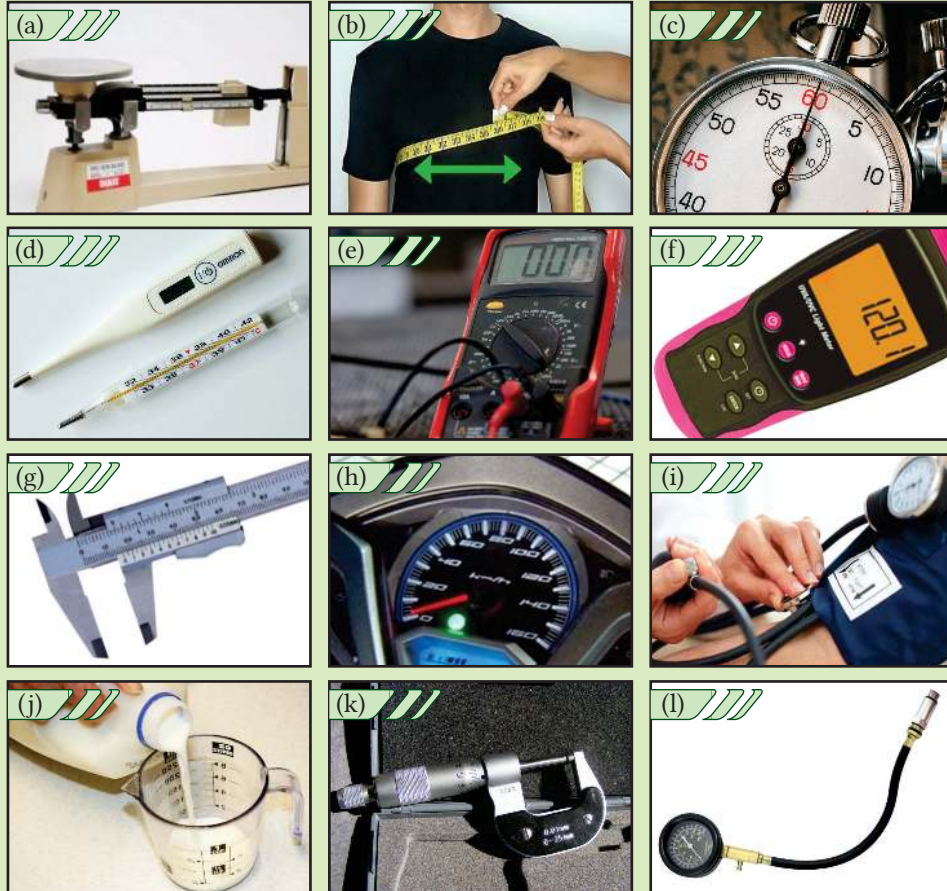
Gambar 1.3. Kegiatan pengukuran yang dilakukan masyarakat dalam kehidupan sehari-hari
Sumber: **(a)** Kursrupiah.net/Procal.co (2018) **(b)** Kursrupiah.net/Susilo Wahid Nugroho (2018) **(c)** Dekoruma.com/Di Studio (2019)

Kalian pernah melakukan pengukuran dan mengamati orang lain di sekitar Kalian melakukan pengukuran setiap hari, namun pahamkah Kalian, apa itu pengukuran? Ketika Kalian sedang mengukur suatu benda yang ukurannya tidak diketahui dengan menggunakan alat ukur, berarti Kalian sedang membandingkan ukuran suatu benda yang belum diketahui ukurannya dengan alat yang dianggap sebagai ukuran standar.

Terdapat banyak sekali alat ukur yang dapat Kalian jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Alat ukur yang tersebut digunakan bergantung dengan apa yang diukur dari benda yang ingin diketahui ukurannya. Seberapa luas wawasan Kalian mengenai alat ukur dan penggunaannya? Mari uji wawasan Kalian dengan **Aktivitas 1.1**.

Aktivitas 1.1

Ayo Amati

Coba Kalian perhatikan **Gambar 1.4.**

Gambar 1.4. Macam-macam alat ukur

Sumber: **(a)** Rumushitung.com (2013) **(b)** Canvasgarment.com/WikiHow (2017) **(c)** Pexels.com/Alla Eddine Taleb (2020) **(d)** Pexels.com/Polina Tankilevitch (2020) **(e)** Pexels.com/Willquezada (2020) (f)Kemendikbudristek/Wahyu Noveriyanto (2021) (g) Kemendikbudristek/Wahyu Noveriyanto (2021) (h) Teknik-otomotif.co.id/ Maryanto (2019) (i) klikhijau.com/Flickr (2018) (j) Pexels.com/Paul Noll (k) Pixabay.com/Emilian Robert Vicol (2010) (l) Kemendikbudristek/Wahyu Noveriyanto (2021)

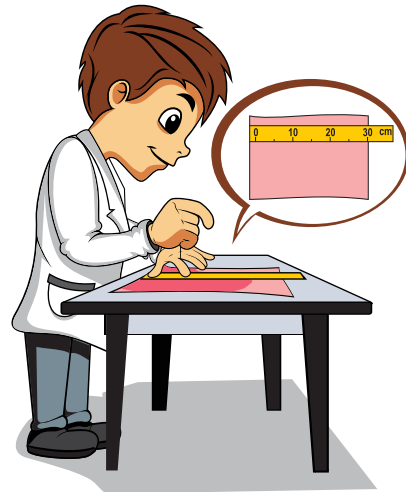
Setelah Kalian mengamati **Gambar 1.4**, buatlah dan isilah tabel pada buku latihan Kalian seperti tabel berikut ini.

No	Nama Alat Ukur	Penggunaan dalam Kehidupan Sehari-hari
(a)		
(b)		
(c)		
...		
(l)		

1.2. Besaran, Satuan, dan Dimensi

Tentu Kalian sudah terbiasa melakukan pengukuran dengan menggunakan penggaris dalam aktivitas belajar yang Kalian lakukan.

Bacalah hasil pengukuran pada ilustrasi Gambar 1.5. Tuliskanlah hasil pengukurannya!

Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, tuliskanlah dua komponen dari hasil pengukurannya!

Gambar 1.5. Pengukuran panjang kertas menggunakan penggaris.

Berikut ini merupakan ulasan mengenai komponen hasil pengukuran.

1.2.1. Besaran

"Besar" yang didapatkan dari pengukuran kaitannya adalah dengan besaran. Pada **Gambar 1.5**, sesuatu yang diukur itu adalah panjang. Besaran merupakan sesuatu yang akan diukur.

Besaran terdiri atas dua kelompok besaran, yaitu besaran pokok dan besaran turunan. Besaran pokok merupakan besaran dasar yang satuannya sudah ditetapkan. Besaran turunan merupakan besaran yang satuannya tersusun dari beberapa satuan besaran pokok.

1.2.2. Sistem Satuan

Satuan merupakan ukuran yang menjadi acuan dari suatu besaran. Terdapat beberapa sistem satuan yang digunakan di dunia, seperti sistem FPS *(feet, pound, sekon*), CGS (*centimeter, gram, sekon*), dan MKS (*meter, kilogram, sekon)*. Beberapa negara memiliki kebiasaannya masing-masing dalam penggunaan sistem satuan. Oleh karena itu, masyarakat ilmiah bersama-sama membuat kesepakatan tentang satu sistem satuan baku yang resmi digunakan secara universal. Satuan tersebut adalah Satuan Internasional, dalam bahasa aslinya *Systeme International D' Unites*, atau biasa disingkat dengan SI. Kalian dapat melihat beberapa contoh satuan SI dari besaran pokok pada **Tabel 1.1** dan besaran turunan pada **Tabel 1.2.**

Tabel 1.1. Besaran, Satuan SI, dan Dimensi dari Besaran-Besaran Pokok

No.	Nama Besaran	Lambang Besaran	Satuan SI	Dimensi
1.	Panjang	l	Meter (m)	[L]
2.	Massa	m	Kilogram (Kg)	[M]
3.	Waktu	t	Sekon (s)	[T]
4.	Kuat arus listrik	i	Ampere (A)	[I]
5.	Suhu mutlak	T	Kelvin (K)	[θ]
6.	Intensitas cahaya	I	Candela (Cd)	[J]
7.	Jumlah zat	n	Mol (mol)	[N]

Tabel 1.2. Besaran, Satuan SI, dan Dimensi dari Beberapa Besaran Turunan

No.	Nama Besaran	Lambang Besaran dan Rumusnya	Satuan SI	Dimensi
1.	Luas	$A = p \times l$	m^2	$[L] \times [L] = [L]^2$
2.	Volume	$V = p \times l \times t$	m^3	$[L] \times [L] \times [L] = [L]^3$
3.	Massa Jenis	$\rho = \frac{m}{V}$	kg/m^3	$\frac{[M]}{[L]^3} = [M][L]^{-3}$
4.	Kecepatan	$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$	m/s	$\frac{[L]}{[T]} = [L][T]^{-1}$
5.	Percepatan	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	m/s^2	$\frac{[L]}{[T]^2} = [L][T]^{-2}$
6.	Gaya	$F = ma$	Newton (N)	$\frac{[M][L]}{[T]^2} = [M][L][T]^{-2}$
7.	Usaha	$W = F\Delta s$	Joule (J)	$\frac{[M][L]^2}{[T]^2} = [M][L]^2[T]^{-2}$
8.	Daya	$P = \frac{W}{t}$	Watt (W)	$\frac{[M][L]^2}{[T]^3} = [M][L]^2[T]^{-3}$

1.2.3. Dimensi

Dimensi merupakan cara suatu besaran turunan disusun berdasarkan besaran pokoknya. Suatu besaran turunan dapat dinyatakan dalam susunan beberapa besaran pokok yang dapat diketahui dengan cara melakukan analisis dimensi. Dimensi dari besaran pokok berupa lambang yang ditulis dengan kurung siku dan huruf kapital tertentu seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 1.1.**

Bagaimana pengetahuan mengenai konsep besaran, satuan, dan dimensi ini digunakan? Mari kerjakan **Aktivitas 1.2**.

Ayo Identifikasi

1. Kalian sudah mendapatkan pengetahuan mengenai besaran, satuan, dan dimensi. Perhatikan kembali **Gambar 1.4**. Kemudian, isilah tabel berikut ini.

No	Nama Alat Ukur	Besaran yang Diukur	Jenis Besaran*	Satuan pada Alat	Satuan dalam SI	Dimensi
(a)						
(b)						
(c)						
...						
(l)						

*Isilah dengan pilihan: Besaran Pokok atau Besaran Turunan.

2. Perhatikanlah **Gambar 1.3 (a)** dan **Gambar 1.3 (b)**. Alat ukur pada kedua gambar tersebut mengukur besaran yang sama. Lihat pula tabel pada soal nomor 1, terdapat alat ukur yang memiliki dimensi yang sama. Jelaskan pendapatmu, mengapa harus ada kedua alat ukur yang berbeda untuk besaran yang sama?

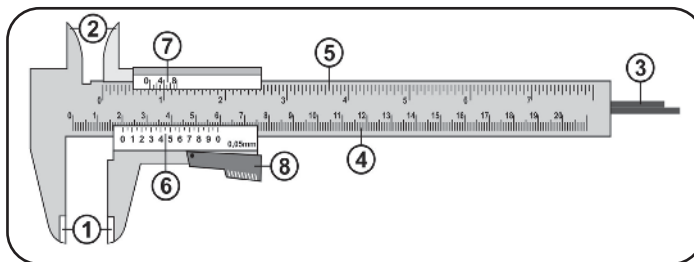
Gambar 1.6. Baut dan Mur
Sumber: Kemendikbudristek/Wahyu Noveriyanto (2021)

Baut dan mur berfungsi untuk menyatukan dua komponen alat secara tidak permanen, sehingga ketika dua komponen alat perlu dipisahkan, kedua komponen tersebut dapat dipisahkan dengan mudah tanpa mengalami kerusakan. Biasanya, sebelum dipasangkan pada komponen alat, baut dan mur ini diukur terlebih dahulu dipastikan ukurannya sesuai dengan komponen-komponen alatnya agar komponen alat tidak mengalami kerusakan saat digunakan. Alat ukur apa yang dapat digunakan mengukur baut dan mur? Bagaimana cara mengukurnya? Mari telusuri bersama pada **Aktivitas 1.3**.

Untuk memilih alat ukur apa yang digunakan dalam kegiatan pengukuran, Kalian perlu mempertimbangkan besaran apa yang diukur. Pada kasus ini, Kalian harus memilih alat ukur panjang apa yang cocok digunakan untuk mengukur diameter baut. Sebelum mempertimbangkannya, Kalian perlu mengetahui cara mengukur menggunakan alat ukur panjang berikut.

A. Jangka Sorong

Carilah informasi mengenai:

1. **Komponen-komponen pada jangka sorong**

Gambar 1.7. Jangka Sorong
Sumber: Kemendikbudristek/Wahyu Noveriyanto (2021)

Tuliskanlah nama komponen-komponen jangka sorong beserta fungsinya!

2. **Nilai skala terkecil pada alat ukur**

Perhatikan kembali **Gambar 1.6**, pada alat ukur jangka sorong terdapat dua skala. Skala yang letaknya di atas (komponen nomor 4) disebut skala utama. Skala utama merupakan skala yang bernilai cm pada alat ukur tersebut. Sementara skala yang letaknya di bawah (komponen nomor 6) disebut skala nonius. Skala nonius merupakan skala mm.

Kalian sudah mengetahui perbedaan skala utama dan skala nonius, amatilah jangka sorong pada **Gambar 1.6**, kemudian tentukanlah nilai skala terkecil dari skala utama dan skala nonius

Skala Utama	
Skala Nonius	

3. **Nilai ketidakpastian untuk sekali pengukuran**

Karena adanya kemungkinan terjadinya ketidaktelitian, maka terdapat nilai yang menyatakan kemungkinan *error* dari pengukuran, yaitu nilai ketidakpastian. Nilai ketidakpastian untuk sekali pengukuran dapat ditentukan dengan cara:

$$\Delta x = \frac{1}{2} \times \textit{nilai skala terkecil} \qquad (1.1)$$

Untuk alat ukur yang memiliki skala nonius, ketidakpastiannya adalah skala terkecil noniusnya.

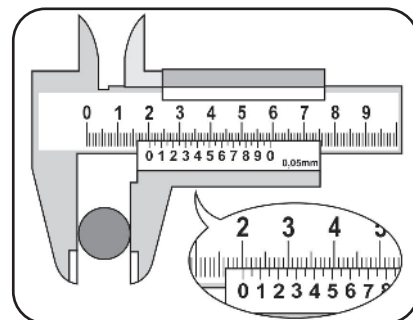
Tentukanlah nilai ketidakpastian untuk pengukuran tunggal menggunakan jangka sorong.

4. **Cara mengukur menggunakan jangka sorong**

Tuliskanlah langkah-langkah untuk mengukur benda dan cara membaca hasil pengukuran jangka sorong.

5. **Membaca pengukuran**

Perhatikan **Gambar 1.7** di samping. Diameter sebuah benda diukur dengan menggunakan jangka sorong.

Skala Utama	= .....
Skala Nonius	= ..... × 0,01
	= .....
Hasil Pengukuran	= .....

Gambar 1.8. Membaca jangka sorong

Sumber: Kemendikbudristek/Wahyu Noveriyanto (2021)

6. **Menuliskan hasil pengukuran**

   Cara penulisan hasil pengukuran beserta nilai ketidakpastian dari sebuah pengukuran adalah sebagai berikut.

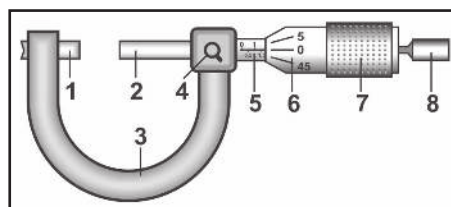
$$x \pm \Delta x \quad (1.2)$$

   Tuliskanlah hasil pengukuran jangka sorong sesuai dengan aturan cara penulisan hasil pengukuran di atas.

B. Mikrometer Sekrup

Carilah informasi mengenai:

1. **Komponen-komponen yang ada pada mikrometer sekrup (lihat Gambar 1.8).**

   Tuliskanlah nama komponen-komponen mikrometer sekrup beserta fungsinya!

Gambar 1.9. Mikrometer Sekrup
Sumber: Kemendikbudristek/Wahyu Noveriyanto (2021)

2. **Nilai skala terkecil pada alat ukur.**

   Perhatikan kembali **Gambar 1.7**, pada alat ukur mikrometer sekrup terdapat dua skala. Skala yang letaknya di kiri dan arah pembacaan skalanya horizontal (komponen nomor 5) disebut skala utama. Skala utama merupakan skala yang bernilai 1 mm pada alat ukur tersebut. Sementara di kanan dan arah pembacaan skalanya vertikal (komponen nomor 6) disebut skala nonius. Skala nonius merupakan skala yang bernilai 0,01 mm.

   Kalian sudah mengetahui perbedaan skala utama dan skala nonius, amatilah jangka sorong pada **Gambar 1.6**, kemudian tentukanlah nilai skala terkecil dari skala utama dan skala nonius

Skala Utama	
Skala Nonius	

3. **Nilai ketidakpastian untuk sekali pengukuran**

   Karena adanya kemungkinan terjadinya ketidaktelitian, maka terdapat nilai yang menyatakan kemungkinan *error* dari pengukuran, yaitu nilai

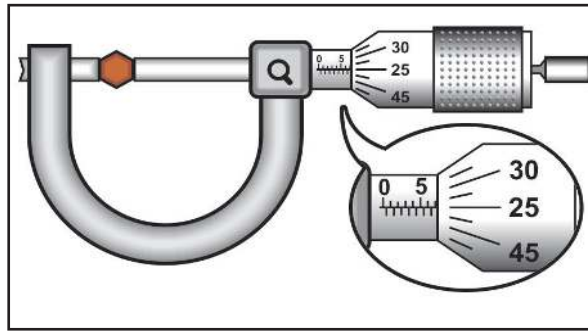
ketidakpastian. Nilai ketidakpastian untuk sekali pengukuran dapat ditentukan sama seperti jangka sorong.

Tentukanlah nilai ketidakpastian untuk pengukuran tunggal menggunakan mikrometer sekrup.

4. **Cara mengukur menggunakan mikrometer sekrup.**

   Tuliskanlah langkah-langkah untuk mengukur benda dan cara membaca hasil pengukuran mikrometer sekrup.

5. **Membaca pengukuran.**

   Diameter benda diukur dengan menggunakan mikrometer sekrup.

Gambar 1.10. Membaca alat ukur.
Sumber: Kemendikbudristek/Wahyu Noveriyanto (2021)

Skala Utama	= …..
Skala Nonius	= ….. × 0,01
	= …..
Hasil Pengukuran	= …..

6. **Menuliskan hasil pengukuran.**

   Cara penulisan hasil pengukuran beserta nilai ketidakpastian dari sebuah pengukuran ditunjukkan pada **persamaan 1.2**.

   Tuliskanlah hasil pengukuran mikrometer sekrup sesuai dengan aturan cara penulisan hasil pengukuran di atas.

Kalian dapat mencoba untuk membandingkan penggunaan alat ukur panjang untuk mengukur panjang dari beberapa benda yang ada di sekitar Kalian, misalnya botol dan buku tulis.

Ayo Bandingkan

1. Kalian akan mengukur satu benda yang sama, dengan menggunakan tiga alat ukur yang berbeda. Menurut pendapat Kalian, apakah hasil pengukurannya akan sama atau berbeda? Jelaskanlah alasannya.
2. Salinlah dan isi tabel dengan hasil pengukuran ketiga alat tersebut pada buku latihan Kalian.

No	Besaran Benda yang Diukur	Mikrometer Sekrup	Jangka Sorong	Penggaris
1.	Diameter Dalam Tutup Botol			
2.	Diameter Luar Tutup Botol			
3.	Panjang Botol			
4.	Tebal Buku Tulis			
5.	Lebar Buku Tulis			
6.	Panjang Buku Tulis			

3. Berdasarkan aktivitas yang dilakukan, adakah besaran yang diukur dengan alat ukur yang tidak sesuai? Besaran apa saja yang diukur dengan alat ukur yang tidak sesuai? Jelaskan mengapa alat ukurnya tidak sesuai?
4. Berdasarkan hasil perbandingan hasil pengukuran yang Kalian dapatkan, alat ukur apa yang cocok dan tidak cocok untuk mengukur diameter baut? Seberapa teliti pengukurannya? Jelaskan alasannya.

1.3. Aturan Angka Penting dan Notasi Ilmiah

Kalian sudah melakukan pengukuran diameter luar tutup botol pada **Aktivitas 1.4**. Coba tentukanlah luas permukaan botol dengan menggunakan data diameter luarnya dan nyatakan hasilnya dalam satuan SI. Kalian diperbolehkan menggunakan kalkulator untuk menghitung luas permukaan botol. Hasil yang tertera pada kalkulator harus ditulis ulang, dan **hasil tersebut tidak boleh dibulatkan**.

Tentukanlah luas permukaan tutup botol yang telah diukur pada **Aktivitas 1.4**! (jawaban tidak boleh dibulatkan)

Jika hasil pengukuran diolah dalam persamaan misal contohnya adalah persamaan luas permukaan baut, maka dihasilkan nilai desimal yang begitu panjang. Untuk itu, terdapat beberapa aturan pembulatan dan cara penulisan hasil pengolahan data yang disepakati untuk membulatkan hasil pengolahan, yaitu **aturan angka penting**. Contoh kasusnya adalah sebagai berikut. Misalnya mencari luas permukaan tutup botol berdiameter 3,12 cm diukur dengan jangka sorong.

Luas permukaan tutup botol dapat dicari dengan cara:

$\text{Luas} = \frac{1}{4}\pi d^2$

$\text{Luas} = \frac{1}{4}(3{,}14)\,(3{,}12)^2$

$\text{Luas} = 7{,}641404 \text{ cm}^2$

Kemudian, tentukan jumlah angka penting dari hasil pengukuran diameter tutup botol.

Menentukan jumlah angka penting dari hasil pengukuran diameter tutup botol:

Diameter tutup botol adalah 3,12 cm, maka jumlah angka pentingnya adalah **tiga angka penting**.

Setelah itu, lakukan pembulatan nilai luas permukaan tutup botol sampai sejumlah angka penting, yaitu **tiga angka penting**.

$\text{Luas} = 7{,}641404 \text{ cm}^2$

Hasil pembulatan nilai luas permukaan tutup botol :

Luas = 7,64 cm^2

Jumlah angka penting hasil pembulatan luas permukaan tutup botol adalah tiga angka.

Coba lakukan kembali aturan pembulatan tersebut yang serupa pada luas permukaan tutup yang telah Kalian hitung sebelumnya. Tuliskan langkah-langkahnya pada buku latihan Kalian.

Untuk memudahkan Kalian dalam menuliskan hasil pengolahan data yang angkanya sangat kecil atau sangat besar, digunakanlah aturan penulisan notasi ilmiah. Contoh kasusnya adalah sebagai berikut. Nilai luas permukaan tutup botol yang diukur pada contoh sebelumnya dikonversikan dalam satuan m^2, sehingga nilainya dinyatakan sebagai berikut.

Dalam cm^2	Luas = 7,64 cm^2
Dalam m^2	Luas = 0,000764 m^2

Catatan: Nilai luas tersebut sudah harus dibulatkan sampai sejumlah angka pentingnya.

Hasil tersebut dituliskan dalam aturan notasi ilmiah.

Luas = 0,000764 m^2
Luas = $7{,}64 \times 10^{-4}\ m^2$

Lakukan konversi satuan luas permukaan tutup yang telah Kalian hitung sebelumnya menjadi m^2. Setelah itu, tuliskan dalam bentuk aturan notasi ilmiah. Tuliskan langkah-langkahnya pada buku latihan Kalian.

Kalian sudah mengetahui bahwa untuk membulatkan hasil pengolahan data tidak boleh dilakukan secara sembarangan. Kalian juga sudah mengetahui contoh sederhananya. Untuk uraian aturan lebih terperinci, lakukanlah **Aktivitas 1.5** untuk mengetahui aturan mengolah data dalam kegiatan ilmiah.

Aktivitas 1.5

Ayo Cari

1. Terdapat aturan yang disebut sebagai aturan angka penting. Carilah informasi mengenai apa saja yang dapat dikatakan sebagai angka penting dan yang bukan angka penting, beserta contohnya.
2. Mengapa jumlah angka penting dari hasil pengukuran perlu diketahui?
3. Dalam pengolahan data, Kalian tentu akan melibatkan operasi matematika seperti perkalian dan pembagian, serta penjumlahan dan pengurangan. Cobalah untuk mencari contoh bagaimana perkalian dan pembagian angka penting, serta penjumlahan dan pengurangan angka penting dioperasikan dalam proses pengolahan data.
4. Jika nilai yang Kalian dapatkan dari hasil pengolahan data sangat kecil atau sangat besar, bagaimana cara Kalian menuliskannya?

1.4. Nilai Ketidakpastian pada Pengukuran Berulang

Pada setiap aktivitas pengukuran, kesalahan pengukuran tidak dapat dihindarkan, apalagi jika pengukuran hanya dilakukan sekali, peluang ketidaksesuaian antara hasil pengukuran dengan kondisi sebenarnya semakin besar. Banyak faktor kesalahan yang dapat menyebabkan hasil pengukuran tidak sesuai dengan kondisi aslinya.

Aktivitas 1.6

Ayo Cari

Kalian telah mengetahui bahwa pada setiap pengukuran tentu ada faktor kesalahan. Mari bersama-sama mencari apa saja faktor kesalahan tersebut?

Carilah informasi mengenai faktor-faktor apa saja yang menyebabkan kesalahan pengukuran.

Untuk mengurangi faktor kesalahan pengukuran tersebut, Kalian dapat mengatasinya dengan cara melakukan pengukuran secara berulang. Pengambilan data untuk pengukuran berulang minimal dilakukan **sebanyak lima kali.** Bagaimana cara mengetahui nilai ketidakpastian pengukuran berulang? Untuk mendapatkan nilai ketidakpastian pengukuran berulang, Kalian dapat menggunakan persamaan standar deviasi yang dinyatakan sebagai berikut.

$$\Delta x = \frac{1}{N}\sqrt{\frac{N\Sigma x_i^2 - (\Sigma x_i)^2}{N-1}} \quad (1.3)$$

dengan

N = banyaknya data

x_i = data ke-i

x_i^2 = data ke-i dikuadratkan

Σx_i^2 = penjumlahan seluruh kuadrat data ke-i

Σx_i = penjumlahan seluruh data ke-i

$(\Sigma x_i)^2$ = kuadrat penjumlahan seluruh data ke-i

Biasanya pengolahan data hasil pengukuran menghasilkan banyak angka di belakang desimal. Bagaimana aturan membulatkan angka hasil pengolahan data?

Langkah pertama, menentukan nilai ketidakpastian relatifnya dengan cara sebagai berikut.

$$\textit{Ketidakpastian Relatif} = \frac{\Delta x}{\overline{x}} \times 100\% \qquad (1.4)$$

Langkah kedua, cocokkan persentase ketidakpastian relatif yang didapatkan dengan aturan sebagai berikut.

Aturan penulisan hasil pengolahan data berdasarkan ketidakpastian relatif:

- Jika persentase ketidakpastian relatif sebesar 0,1 %, jumlah angka hasil pengolahan data yang dituliskan 4 angka;
- Jika persentase ketidakpastian relatif sebesar 1 %, jumlah angka hasil pengolahan data yang dituliskan 3 angka;
- Jika persentase ketidakpastian relatif sebesar 10 %, jumlah angka hasil pengolahan data yang dituliskan 2 angka.

Hasil pengolahan data dapat dituliskan dengan cara yang ditunjukkan oleh **persamaan 1.2** dengan $\overline{x}$ merupakan rata-rata nilai besaran yang diukur secara berulang.

Kalian sudah membaca uraian materi mengenai nilai ketidakpastian untuk pengukuran berulang, perhatikanlah contoh pengolahan data berikut.

Lima orang siswa mengukur diameter sebuah tutup botol dengan menggunakan jangka sorong secara bergantian. Masing-masing siswa mendapatkan kesempatan satu kali mengukur, sehingga didapatkan tabel hasil pengukurannya adalah sebagai berikut.

Percobaan	Nama Siswa yang mengukur	Diameter tutup botol (cm)
1	Andi	3,12
2	Bernadette	3,14
3	Nisa	3,15
4	Neneng	3,11
5	Togar	3,14

Mereka diminta untuk menentukan luas permukaan tutup botol beserta nilai ketidakpastiannya.

Berikut ini tabel pengolahan datanya.

No	Diameter tutup botol d (cm)	Luas permukaan tutup botol $A = \frac{1}{4}\pi d^2$ (cm^2)	Kuadrat luas permukaan tutup botol A^2 (cm^4)
1	3,12	7,64	58,4
2	3,14	7,74	59,9
3	3,15	7,79	60,7
4	3,11	7,59	57,6
5	3,14	7,74	59,9
ΣA		38,5 cm^2	
$X = (\Sigma A)^2$		1482,25 cm^4	
$Y = \Sigma A^2$		296,5 cm^4	

Diketahui :

Jumlah data N = 5

X = 1482,25 cm^4

Y = 296,5 cm^4

Jawaban:

Menentukan nilai rerata luas permukaan tutup botol

$$\overline{A} = \frac{\Sigma A}{N}$$

$$\overline{A} = \frac{38,5}{5}$$

$$\overline{A} = 7,70 \text{ cm}^2$$

Menentukan nilai ketidakpastian pengukuran berulang

$$\Delta x = \frac{1}{N}\sqrt{\frac{N\Sigma x_i^2 - (\Sigma x_i)^2}{N-1}}$$

$$\Delta A = \frac{1}{N}\sqrt{\frac{N\Sigma A^2 - (\Sigma A)^2}{N-1}}$$

$$\Delta A = \frac{1}{5}\sqrt{\frac{5Y - X}{5-1}}$$

$$\Delta A = \frac{1}{5}\sqrt{\frac{5(296,5) - 1482,25}{5-1}}$$

$$\Delta A = \frac{1}{5}\sqrt{\frac{1482,50 - 1482,25}{5-1}}$$

$$\Delta A = \frac{1}{5}\sqrt{\frac{0,25}{4}}$$

$$\Delta A = \frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{16}}$$

$$\Delta A = \frac{1}{5}\cdot\frac{1}{4}$$

$$\Delta A = \frac{1}{20}$$

$$\Delta A = \mathbf{0{,}05\ cm^2}$$

Nilai ketidakpastian relatifnya adalah

$$\text{Ketidakpastian Relatif} = \frac{\Delta A}{\bar{A}} \times 100\%$$

$$\text{Ketidakpastian Relatif} = \frac{0,05}{7,70} \times 100\%$$

$$\text{Ketidakpastian Relatif} = 0,65\%$$

Persentase ketidakpastian relatif bernilai 0,65%, atau nilainya kurang dari 1 %, sehingga jumlah angka hasil pengolahan data yang dapat dituliskan adalah sebanyak 3 angka penting.

Maka, luas permukaan tutup botol tersebut adalah

$$\mathbf{A = (7{,}70 \pm 0{,}05)\ cm^2}$$

Kalian sudah mendapatkan pengetahuan yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan pengukuran sampai mengolah data. Mari kita selesaikan kasus yang disajikan oleh berita pada awal bab dengan melakukan **Aktivitas 1.7.**

Aktivitas 1.7

Menentukan Massa Jenis Material Baut

Pada **Gambar 1.1**, Kalian telah membaca ulasan berita mengenai kecelakaan akibat patahnya baut ban truk. Baut yang dipakaikan pada ban truk yang selalu mengangkut muatan berat, haruslah merupakan baut yang tidak mudah patah, tidak mudah berkarat, dan tidak mudah memuai.

(a)

(b)

Gambar 1.11. **Macam-macam jenis material baut**
Sumber: (a) Kemendikbudristek/Wahyu Noveriyanto (2021) (b) Jobs.id/Sinar Terang (2016)

Ayo Praktekkan

1. **Carilah informasi material yang digunakan pada baut ban beserta massa jenisnya**

   Baut yang bisa direkomendasikan untuk digunakan pada ban truk adalah ....

Coba amati **Gambar 1.11.,** terdapat beragam baut yang ditampilkan dalam berbagai warna. Warna tersebut menunjukkan jenis material bautnya. **Terdapat macam-macam jenis baut yang memiliki warna berbeda dalam beragam ukuran**. Baut yang berkualitas tentu memiliki nilai ekonomis yang lebih tinggi dibandingkan baut dengan kualitas biasa, sehingga terdapat kemungkinan untuk adanya pemalsuan. Kali ini Kalian akan berlatih bagaimana cara mengetahui material baut.

Kalian perlu menyediakan tiga sampel baut berbeda warna dan ukuran. Untuk memastikan jenis materialnya, Kalian dapat melakukan percobaan sederhana. Ikutilah langkah-langkah berikut ini.

Observasi

2. Amatilah **Gambar 1.11.** Berdasarkan pengamatan Kalian pada baut, **Besaran turunan** fisika apa yang dapat digunakan untuk mengetahui **jenis baut**? Cari tahu persamaan **besaran turunan** yang dapat digunakan untuk mengetahui **jenis baut tersebut**.
3. Untuk mendapatkan besaran fisika yang disebutkan pada nomor 1, besaran-besaran apa saja yang harus diukur?
4. Dengan mempertimbangkan wujud baut tersebut, alat ukur apa yang dapat digunakan untuk mengukur besaran-besaran yang disebutkan pada nomor 2? Jelaskan bagaimana Kalian mengukurnya?

   (Kalian dapat memilih alat ukur yang ada pada tabel pada **Aktivitas 1.2** sebagai referensi)

Klasifikasi

Dalam praktikum ini, Kalian perlu mengetahui hubungan sebab-akibat yang terjadi ketika Kalian memberikan perlakuan kepada ketiga baut. Hubungan sebab akibat itu biasa disebut dengan variabel.

5. Apa yang diubah-ubah **(variabel bebas)** pada praktikum ini?
6. Dalam praktikum, terdapat besaran yang nilainya harus sama ketika pengukuran dilakukan pada ketiga baut tersebut **(variabel kontrol)**. Besaran apakah itu?

Interpretasi

7. Besaran apa saja yang ikut berubah karena adanya variabel bebas? (Besaran ini kemudian kita sebut sebagai **variabel terikat**).

Hipotesis

8. Bagaimana hubungan antara variabel bebas dan variabel bebas tersebut? (dengan hubungan kesebandingan: berbanding lurus dan berbanding terbalik).
9. Prediksikan pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat pada praktikum ini.

Merencanakan Eksperimen

10. Variabel apa saja yang diamati untuk membuktikan hipotesismu?
11. Jika ketiga jenis baut berbeda, tentukanlah variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol dalam praktikum ini.

Memproses dan Menganalisis Informasi

Sistematika Penulisan Laporan Praktikum

I. Judul Praktikum : ....

II. Tujuan Praktikum : ....

III. Pendahuluan

- Paragraf pertama berisi deskripsi kasus tentang menentukan jenis material baut.
- Paragraf kedua berisi penjelasan singkat mengenai massa jenis.

IV. Alat dan Bahan

V. Prosedur Praktikum

VI. Tabel Pengamatan

Buatlah tabel berikut sebanyak tiga tabel untuk tiga jenis baut yang berbeda.

No.	Jenis Baut	Massa Baut (gr)	Volume awal air (mL)	Volume akhir air (mL)
1				
2				
3				
4				
5				

VII. Tabel Pengolahan Data

Buatlah format tabel berikut sebanyak tiga tabel untuk tiga jenis baut yang berbeda. Gunakan kalkulator saintifik untuk mengolah data.

Jenis Baut : ....

No	Massa Baut (gr)	Massa Baut ($\times 10^{-3}$ kg)	Volume awal air V_0 (mL)	Volume akhir air V_t (mL)	Volume benda $V=V_t-V_0$ (mL)	Volume benda $V=V_t-V_0$ ($\times 10^{-6} m^3$)	Massa Jenis Baut ρ ($\times 10^3$ kg/m^3)
1							
2							
3							
4							
5							
Rata-Rata Massa Jenis ρ							

Nilai ketidakpastian pengukuran berulang

<table>
<tr><th>No.</th><th colspan="2">ρ
($\times 10^3$ kg/m^3)</th><th colspan="2">ρ^2
($\times 10^6$ kg^2/m^6)</th></tr>
<tr><td>1</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>2</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>3</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>4</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>5</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td></td><td>$\Sigma\rho$</td><td></td><td rowspan="2">$B = \Sigma (\rho^2)$</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>$A = (\Sigma\rho)^2$</td><td></td><td></td></tr>
</table>

Banyaknya data (N) = 5

Nilai ketidakpastian pengukuran berulang

$\Delta\rho = \frac{1}{N}\sqrt{\frac{N\Sigma\rho_i^2 - (\Sigma\rho_i)^2}{N-1}}$ Disederhanakan menjadi $\Delta\rho = \frac{1}{N}\sqrt{\frac{NB-A}{N-1}}$	Lakukanlah perhitungan $\Delta\rho$ dengan menggunakan kalkulator saintifik

Hasil pengukuran=

VIII. Analisis Data

1. Carilah informasi/tabel nilai massa jenis berbagai macam bahan.
2. Bandingkan dengan nilai massa jenis hasil pengolahan data yang Kalian dapatkan. Apakah nilai massa jenis hasil pengolahan data sama atau mendekati atau berbeda jauh dengan nilai massa jenis yang Kalian cari pada tabel? Jelaskan mengapa demikian?
3. Faktor-faktor apa saja yang menyebabkan perbedaan nilai pengukuran dengan nilai yang sudah ada?
4. Periksalah apakah hipotesis Kalian buat terbukti?

IX. Kesimpulan

Baut mana yang sebaiknya digunakan untuk ban truk?

Ayo Refleksi

Setelah Kalian mempelajari bab pengukuran. Peranan, manfaat, atau pembelajaran apa yang dapat diambil? Tuliskan pada buku latihan Kalian.

Ayo Cek Pemahaman

Jawablah pertanyaan berikut ini.
Bacaan untuk pengerjaan soal nomor 1 sampai dengan 5.
Bacalah cuplikan berita berikut ini.

Inilah Cara Mengenali Timbangan yang Dicurangi Pedagang

Oleh : Tempo.co
Selasa, 3 November 2015 16:20 WIB
0 KOMENTAR

Pekerja memeriksa Timbangan Meja yang baru selesai dibuat di kawasan Kerten, Surakarta, Jawa Tengah, 19 Juni 2015. Dalam seminggu, pabrik ini memproduksi 400 timbangan, dengan omzet rata-rata 300 juta perbulannya. TEMPO/Bram Selo Agung

TEMPO.CO, Bangkalan. Petugas Dinas Perindustrian dan Perdagangan Jawa Timur menggelar tera ulang timbangan di kantor Kecamatan Kamal, Kabupaten Bangkalan, Jawa Timur, Selasa, 3 November 2015. Puluhan pedagang di Pasar Kamal dan pemilik toko kelontong datang membawa timbangan mereka untuk diservis.

"Mayoritas timbangan yang dibawa tidak sesuai dengan standar nasional," kata Dary, petugas tera dari Unit Pelaksana Tugas Bidang Kemetrologian Pamekasan Dinas Perindustrian dan Perdagangan Jawa Timur.

Menurut dia, ada banyak hal yang menyebabkan timbangan pedagang tidak sesuai dengan standar nasional, di antaranya cara pemakaian yang tidak tepat dan lain-lain. Tentu ada juga yang sengaja diakali. "Tapi mayoritas yang dibawa ke sini karena faktor alam, yaitu karatan, sehingga keseimbangan berubah melewati batas toleransi selisih sebesar 20 gram untuk timbangan 5 kilogram," ujarnya.

Sementara itu, Komarudin, salah satu petugas tera, menyebut ciri-ciri timbangan yang diakali pedagang. Menurut dia, bila pedagang buah atau pedagang sembako selalu meletakkan batu kiloan di atas timbangan, patut dicurigai timbangan tersebut telah diakali.

Sementara itu, Sukron, pedagang di Pasar Kamal, meminta tera ulang tidak dilakukan sekali dalam satu tahun. Sebab, kerusakan timbangan selalu membuat dia tekor. "Kalau bisa, ada petugas tera di tiap kecamatan. Jadi, kapan pun rusak, timbangan bisa langsung diperbaiki," ucapnya. Soal biaya tera, Sukron mengatakan tidak mahal. Untuk timbangan 5 kilogram hanya dikenai biaya Rp6.500 per unit.

Sumber: https://nasional.tempo.co/read/715491/inilah-cara-mengenali-timbangan-yang-dicurangi-pedagang

1. Kesalahan pengukuran yang disebutkan pada paragraf ketiga, kalimat ketiga termasuk dalam kesalahan pengukuran akibat ... .
   - ☐ Kesalahan acak
   - ☐ Kesalahan sistematik
   - ☐ Kesalahan paralaks
   - ☐ Keterbatasan keterampilan pengamat

   Alasan: ____

2. Kesalahan pengukuran yang disebutkan pada paragraf ketiga, kalimat pertama termasuk dalam kesalahan pengukuran akibat....
   - ☐ Kesalahan acak
   - ☐ Kesalahan sistematik
   - ☐ Kesalahan paralaks
   - ☐ Keterbatasan keterampilan pengamat

   Alasan: ____

3. Pada paragraf ketiga, kalimat ketiga disebutkan bahwa kesalahan akibat faktor karatan menyebabkan keseimbangan berubah melewati batas toleransi selisih sebesar 20 gram untuk timbangan 5 kilogram, artinya persentase ketidakpastian relatifnya adalah....
   - ☐ 0,25%
   - ☐ 0,40%
   - ☐ 2,50%
   - ☐ 4,00%

   Cara pengerjaan: ____

4. Seseorang membeli telur sebanyak 5 kg dengan harga per kilogramnya adalah Rp24.000,00. Telur tersebut ditimbang dengan menggunakan timbangan yang berkarat seperti yang dijelaskan pada soal nomor 2. Maka kerugian yang ditanggung pembeli akibat kesalahan pengukuran tersebut adalah....
   - ☐ Rp300
   - ☐ Rp480
   - ☐ Rp3.000
   - ☐ Rp4.800

   Cara pengerjaan: ____

5. Kalian adalah seorang pedagang sukses. Kalian telah memahami konsep pengukuran dalam fisika. Bagaimana Kalian harus bersikap terkait pengukuran? Jelaskan alasan Kalian.

   Sikap: ____

   Alasan: ____

Kalian sudah mencoba melakukan kegiatan pengukuran. Bagaimana pengukuran dapat bermanfaat pada bidang kimia dan biologi? Cobalah lakukan aktivitas pengukuran yang dilakukan pada bidang biologi dan kimia berikut:

A. Bagaimana penerapan pengukuran dalam konteks ilmu biologi?

Pengukuran tidak terlepas dari kehidupan kita, termasuk ketika Kalian belajar tentang mahkluk hidup. Petani lele harus mengukur panjang dan diameter lele yang tepat ketika melakukan pemanenan agar petani lele tidak rugi karena pembeli lele biasanya pedagang lalapan lele yang memilih ukuran lele tidak terlalu besar untuk mendapatkan untung yang besar. Begitu pula petani mutiara yang mengukur diameter mutiara sebagai salah satu pertimbangan harga mutiara. Semakin lama proses pembentukan mutiara maka semakin besar mutiaranya dan semakin mahal harganya.

Mari kita mencoba melakukan pengukuran dalam percobaan pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap pertumbuhan tanaman. Sebelum melakukan percobaan, siapkanlah alat dan bahan sebagai berikut:

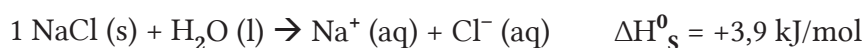
1. tiga buah gelas transparan
2. kapas
3. spidol
4. biji kacang hijau atau biji kacang lainnya yang mudah didapat
5. penggaris

Langkah Kerja:

1. Tuliskan huruf A, B dan C pada masing-masing gelas transparan.
2. Letakkan kapas yang dicelupkan ke dalam air pada dasar masing-masing gelas transparan.
3. Letakkan 5 biji kacang di atas kapas pada masing-masing gelas transparan.
4. Letakkanlah gelas transparan A pada ruangan tertutup (tidak terkena sinar matahari), gelas transparan B di bawah naungan pohon dan gelas transparan C di daerah yang mendapat sinar matahari sepanjang hari.
5. Ukurlah tinggi pohon setiap hari pada masing-masing gelas transparan selama 1 minggu dengan menggunakan penggaris, catat hasilnya!
6. Tampilkan dalam bentuk grafik hasil pertambahan tinggi tanaman setiap hari! Apa yang dapat Kalian simpulkan?

B. Bagaimana penerapan pengukuran dalam konteks ilmu kimia?

Pada kerja ilmiah kali ini Kalian akan melakukan pengukuran massa, volume, dan suhu pada pelarutan garam dapur dalam air. Pengukuran ini dapat digunakan untuk menentukan nilai kalor pelarutan suatu zat yang mudah larut dalam air yaitu salah satunya garam dapur (NaCl). Kalor pelarutan merupakan kalor yang diserap atau dilepaskan oleh 1 mol zat ketika larut dalam pelarutnya (air) yang diukur pada tekanan konstan. Adapun persamaan termokimia untuk pelarutan 1 mol padatan garam dapur (NaCl) adalah:

$$1\ NaCl\ (s) + H_2O\ (l) \rightarrow Na^+\ (aq) + Cl^-\ (aq) \qquad \Delta H^0_S = +3{,}9\ kJ/mol$$

Sumber: https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_(Physical_and_Theoretical_Chemistry)/Thermodynamics/Energies_and_Potentials/Enthalpy/Enthalpy_Change_of_Solution

Persamaan ini memberi arti bahwa

1 mol NaCl atau sebanyak 58,5 gram NaCl menyerap kalor sebesar 3,9 KJ.

Nah bagaimana jumlah kalor yang diserap bila massa NaCl semakin banyak atau semakin sedikit? Pertanyaan ini akan Kalian jawab setelah melakukan aktivitas berikut.

Alat untuk mengukur kalor pelarutan disebut kalorimeter. Penetapan Kalor pelarutan dilakukan dengan melakukan pengukuran suhu. Hubungan antara kalor dengan suhu dinyatakan oleh persamaan:

$$Q = mc\Delta T \quad (1.5)$$

dengan

Q = jumlah kalor yang diberikan (joule)
m = massa benda (g)
c_{air} = kalor jenis air (4,2 J/g °C)
ΔT = perubahan suhu (°C)

Dalam kerja ilmiah kali ini Kalian hanya mengukur massa garam dapur, volume air, dan suhu saat garam dapur yang berbeda-beda massanya dilarutkan dalam air. Kalian dapat membuat sendiri alat kalorimeter dengan menggunakan bahan yang ada di sekitar rumah. Ayo Kalian mulai percobaannya.

Alat:
1) Wadah bekas *coffee cup* atau mie instan dari plastik tebal atau stirofoam beserta tutupnya
2) Termometer larutan
3) Neraca
4) Gelas ukur
5) Sendok plastik

Bahan:
1) Garam dapur
2) Air kran

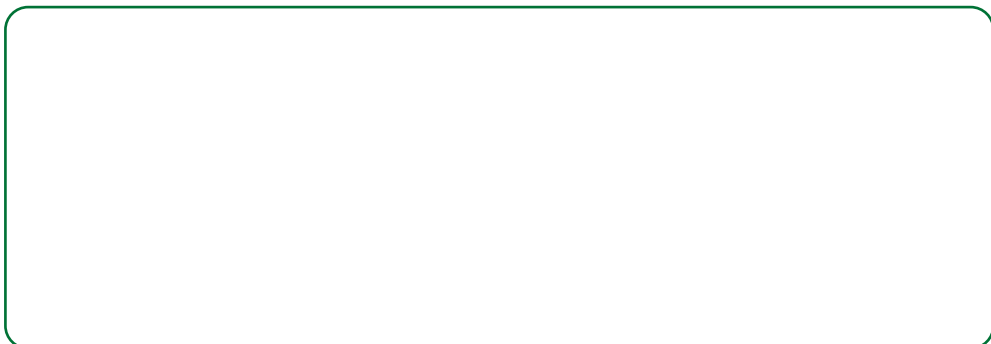
Cara kerja:

1) Siapkan wadah bekas *coffee cup* atau mie instan yang masih ada tutupnya. Lubangi bagian tutupnya sebesar diameter termometer larutan.
2) Pasang termometer larutannya.
3) Ukur volume air sebanyak 500 ml menggunakan gelas ukur lalu masukkan ke dalam kalorimeter.
4) Ukur suhu awalnya menggunakan termometer larutan yang terpasang pada kalorimeter.
5) Timbang garam dapur sebanyak 5 gram menggunakan neraca lalu masukkan ke dalam kalorimeter tersebut.
6) Segera tutup kalorimeternya lalu aduk dengan bagian batang termometer. Amati berapa suhu larutan setelah pengadukan.
7) Hitung berapa kenaikan suhu larutan setelah dan sebelum bereaksi.
8) Lakukan hal yang sama untuk variabel bebas pada massa garam dapur yang berbeda yaitu 10 gram, 15 gram, dan 20 gram dalam jumlah volume air yang sama.
9) Catat kenaikan suhu setelah pelarutan
10) Buatlah grafik hubungan massa garam dapur (X) dan kenaikan suhu larutan garam (Y). Grafik dapat dibuat menggunakan kertas *milimeter graph* atau menggunakan program komputer.
11) Buatlah kesimpulan hasil percobaan yang Kalian peroleh lalu komunikasikan dalam kelas.

LEMBAR HASIL PERCOBAAN

Judul: Melakukan pengukuran massa, volume air, dan kenaikan suhu pada pelarutan garam dapur.

A. Isilah variabel-variabel yang terkait percobaan ini

Variabel bebas	
Variabel terikat	
Variabel kontrol	

B. Tabel Hasil Percobaan Pelarutan garam Dapur

Massa garam dapur (g)	Suhu awal air (sebelum pelarutan) (ºC)	Suhu larutan garam (setelah pelarutan) (ºC)	Kenaikan suhu (suhu setelah pelarutan– suhu awal air) (ºC)
5			
10			
15			
20			

C. Grafik hubungan massa garam dapur (X) dan kenaikan suhu larutan garam (Y)

D. Kesimpulan

"Ukur apa yang terukur, dan buat terukur apa yang tidak bisa diukur"

Galileo Galilei

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2021

Ilmu Pengetahuan Alam
untuk SMA Kelas X

Penulis: Ayuk Ratna Puspaningsih, Elizabeth Tjahjadarmawan, Niken Resminingpuri Krisdianti
ISBN: 978-602-244-380-3

Bab 2 Virus dan Peranannya

Kata Kunci

- Virus
- Asam nukleat
- Kapsid
- Virus DNA
- Virus RNA
- Replikasi virus
- Daur litik
- Daur lisogenik
- Vaksin

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Bab ini, Kalian dapat

1. mengidentifikasi ciri-ciri virus,
2. menganalisis proses replikasi virus,
3. mendeskripsikan peranan virus, dan
4. merumuskan cara mencegah penyebaran virus

Sumber: Freepik.com/Chatree.jyy (2020)

Kehidupan manusia mengalami perubahan drastis semenjak Desember 2019 saat penyakit corona virus desease 2019 (Covid-19) ditemukan pertama kali di kota Wuhan, China. Covid-19 disebabkan oleh salah satu keluarga virus corona yaitu *virus severe acute respiratory syndrome coronavirus* 2 (SARS-CoV-2). Covid-19 menyebar dengan cepat ke seluruh dunia sehingga pada tanggal 11 Maret 2020 WHO menyatakan keadaan ini sebagai pandemi.

Menurut data statistik pada situs *https://www.outbreak.my/ms/world* tanggal 21 Januari 2021 menyebutkan ada 98.803.816 orang di dunia yang terinfeksi, 2.118.719 diantaranya meninggal dan 70.780.399 dinyatakan sembuh. Dalam hitungan setahun, virus ini telah mengurangi 2.118.719 populasi manusia, sungguh sangat berbahaya bukan?

Pada Bab 2 ini Kalian akan belajar tentang apa itu virus, bagaimana cara virus bereproduksi, apa peranan virus dan bagaimana solusi pencegahan penyebaran virus. Sepanjang belajar tentang bab ini Kalian akan mengerjakan proyek setahap demi setahap yang berkaitan dengan penyakit akibat virus untuk menemukan solusi pencegahan penyebaran virus itu dan mengkampanyekan hasil penyelidikan Kalian kepada masyarakat luas agar mereka terhidar dari bahaya virus.

Tahap 1. Mengidentifikasi Kasus Virus di Daerah Setempat

Pergilah ke puskesmas atau klinik terdekat. Jika situasi tidak memungkinkan lakukan penelusuran di internet mengenai data penyakit yang disebabkan oleh virus yang terjadi di daerah Kalian. Untuk menambah informasi Kalian bisa melakukan wawancara dengan tenaga kesehatan di puskesmas atau rumah sakit tentang penyakit yang terjadi di daerah Kalian yang disebabkan oleh virus dan melakukan telaah artikel di surat kabar atau media elektronik yang terpercaya.

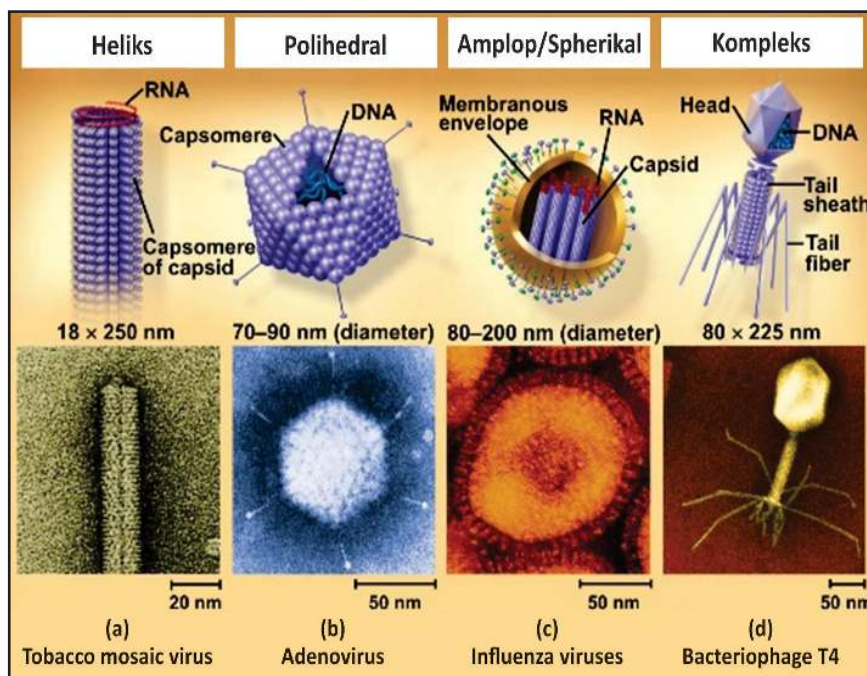
2.1. Apakah Itu Virus?

Kata virus adalah kata yang tidak asing lagi bagi Kalian. Dalam dunia komputer, virus merupakan suatu program yang dapat mengganggu kinerja program komputer lainnya. Bahkan dalam dunia sosial media istilah viral sering digunakan. Kata viral ini berarti memiliki sifat seperti virus yakni mudah menyebar. Akan tetapi yang akan kita bahas pada bab ini bukan virus pada dunia komputer atau pada berita infotainment, melainkan virus yang memiliki material genetik yang dapat menimbulkan penyakit pada manusia dan makhluk hidup lainnya.

Semenjak pandemi Covid-19 pada akhir tahun 2019, kata virus hampir setiap hari muncul dalam berita atau infografis yang ada di media masa. Akibat virus ini pula Kalian melakukan *physical distancing*, lebih sering tinggal di rumah, belajar secara daring dari rumah (BDR), dan jika terpaksa keluar rumah harus menggunakan masker dan sering mencuci tangan dengan sabun dan air mengalir atau alternatifnya dengan pembersih tangan (*hand sanitizer)*. Virus ini tidak kasat mata tetapi sangat berbahaya. Seperti apakah virus itu? Apakah virus tergolong mahkluk hidup? Bagaimana bentuknya?

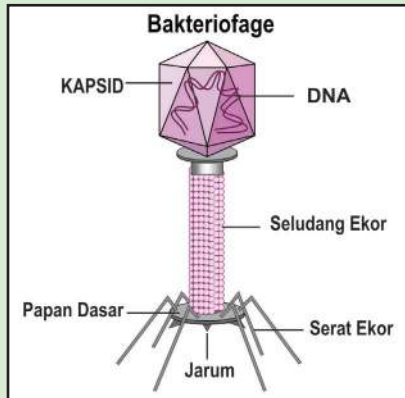
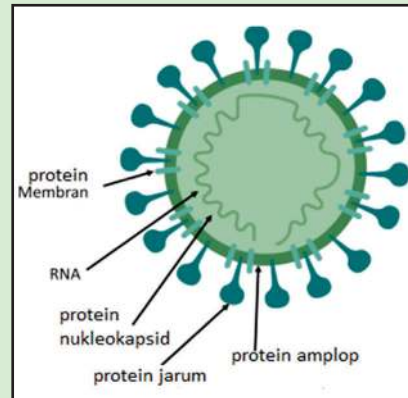
Pernahkah Kalian berinteraksi dengan teman atau anggota keluarga Kalian yang mengalami flu dan kemudian Kalian juga mengalami gejala flu beberapa hari selanjutnya? Penularannya cepat dan tanpa Kalian sadari bukan? Seperti yang Kalian ketahui bahwa flu disebabkan oleh virus. Virus memiliki ukuran yang sangat kecil. Diameter virus berkisar antara 20 nanometer (nm) hingga 400 nanometer (nm). Oleh karena itu virus hanya dapat dilihat dengan mikroskop elektron. Partikel lengkap virus, yang disebut dengan virion, terdiri atas asam nukleat yang dibungkus oleh protein pelindung yang disebut dengan kapsid.

Asam nukleat memiliki peranan penting dalam proses perbanyakan diri virus pada inang. Tanpa asam nukleat virus tidak akan bisa memerintahkan sel inang untuk membuat bagian-bagian partikel virus. Berdasarkan jenis asam nukleat yang menyusunnya, virus dikelompokkan menjadi virus DNA dan virus RNA. Virus DNA adalah virus yang memiliki asam nukleat berupa DNA (asam deoksiribonukleat) sedangkan virus RNA adalah virus yang memiliki asam nukleat berupa RNA (asam ribonukleat).

Kapsid tersusun atas subunit protein identik yang disebut dengan kapsomer. Beberapa virus memiliki amplop (membran lipoprotein) yang berasal dari sel inang. Bentuk virus beranekaragam, ada yang berbentuk heliks, polihedral, amplop/spherikal dan kompleks (perhatikan **Gambar 2.1**). Contoh virus yang berbentuk heliks adalah *Tobacco mosaic virus*, contoh virus yang berbentuk polyhedral adalah adenovirus, contoh virus yang berbentuk amplop adalah virus influenza sedangkan yang kompleks contohnya adalah bakteriofage (virus pemakan bakteri).

Gambar 2.1. Bentuk Virus dan Contohnya
Sumber: Biology/Campbell dkk. (2008)

Berdasarkan informasi yang telah Kalian pelajari, menurut Kalian apakah virus merupakan sebuah sel? Dapatkah kita mengatakan bahwa virus adalah mahkluk hidup? Sebelum belajar lebih lanjut, ayo lakukan **Aktivitas 2.1**.

Ayo Menelaah

Cobalah Kalian amati dua gambar virus berikut.

Gambar 2.2. Bakteriofage

Gambar 2.3. Virus Corona

Setelah Kalian mengamati kedua virus tersebut, cobalah menjawab pertanyaan berikut.

1. Apakah kesamaan struktur pada kedua virus tersebut?
2. Cobalah cari informasi berapakah ukuran dari kedua virus tersebut!
3. Sebuah sel minimal tersusun atas membran sel, sitoplasma, asam nukleat dan ribosom. Berdasarkan telaah struktur yang Kalian lakukan apakah virus merupakan merupakan sebuah sel? Apakah virus adalah mahkluk hidup?

Setelah Kalian belajar tentang karakteristik virus, simaklah video tentang virus corona pada link berikut.

https://www.youtube.com/watch?v=8hgc2iZflTI

Kemudian jawablah pertanyaan berikut.

1. Berdasarkan video tersebut, pikirkan apakah pernyataan berikut benar atau salah!

Pernyataan	Benar	Salah
Virus corona adalah sel berukuran kecil.		
Disebut corona karena memiliki amplop yang mengandung struktur seperti paku.		
Virus corona tergolong virus RNA.		

Apa alasan Kalian menyatakan benar atau salah?

2. Setelah Kalian menelaah struktur virus corona pada video, kegiatan laboratorium manakah yang menurut Kalian dapat dilakukan untuk mengidentifikasi virus corona?

Kegiatan Laboratorium	Benar	Salah
Pengamatan virus menggunakan mikroskop cahaya.		
Mengidentifikasi jenis protein pada struktur amplopnya.		
Mengidentifikasi jenis asam nukleatnya apakah rantai tunggal atau rantai ganda.		

Apa alasan Kalian menyatakan benar atau salah?

2.2. Bagaimana Virus Bereproduksi?

Seperti penjelasan pada awal bab ini, Covid-19 pertama kali diidentifikasi di kota Wuhan, Cina. Dalam beberapa bulan virus ini menyebar hingga ke seluruh dunia. Bagaimanakah cara virus memperbanyak diri dan menyebar ke seluruh dunia? Sebelum belajar lebih lanjut ayo kita lakukan **Aktivitas** 2.2.

Aktivitas 2.2

Ayo Menelaah

Cermatilah video tentang bagaimana virus corona memperbanyak diri di dalam sel inang pada link berikut.

https://www.youtube.com/watch?v=dA70ZdYhhCg&pbjreload=101

Berdasarkan video tersebut, cobalah deskripsikan bagaimana virus corona memperbanyak dirinya? Apakah virus corona bisa memperbanyak diri di luar sel inang?

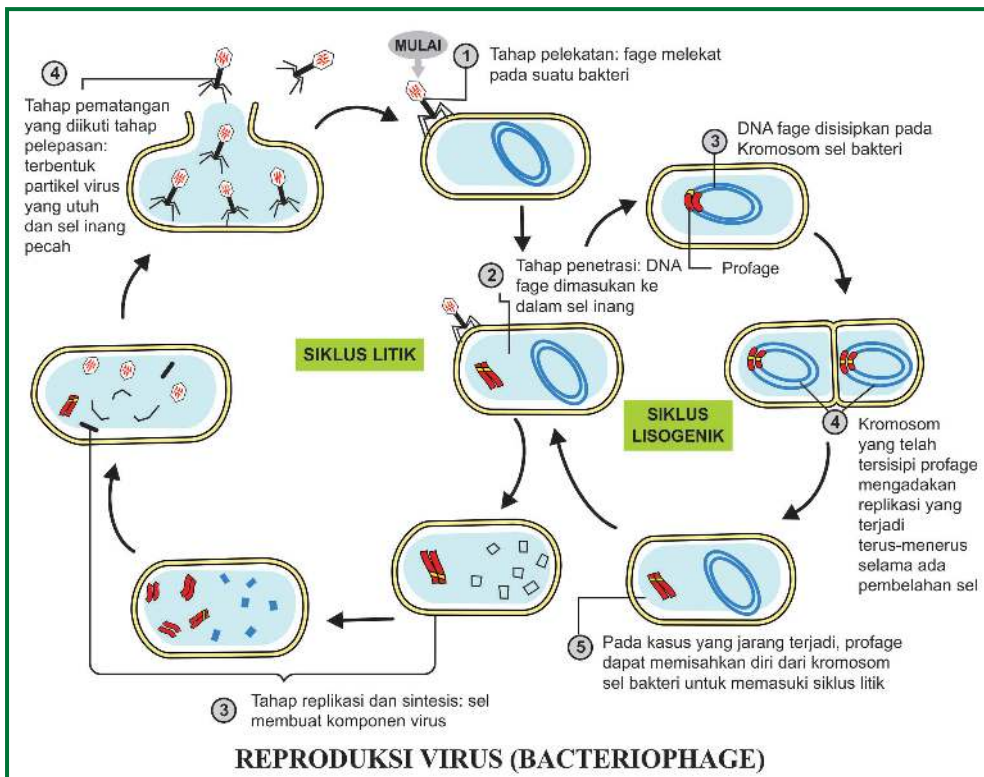
Pada **Aktivitas 2.1** Kalian telah mempelajari bahwa virus secara umum hanya terdiri dari asam nukleat dan protein kapsid. Hal ini menunjukkan bahwa tubuh virus bukan merupakan sebuah sel yang memiliki membran sel, sitoplasma, asam nukleat dan ribosom. Seperti yang Kalian ketahui bahwa unit terkecil dari mahkluk hidup adalah sel, sedangkan virus tidak memiliki komponen sel selain asam nukleat. Dengan demikian dilihat dari strukturnya virus bukanlah mahkluk hidup.

Satu-satunya ciri mahkluk hidup yang dimiliki oleh virus adalah mampu bereproduksi. Virus dapat memperbanyak diri hanya jika berada dalam sel inang. Struktur tubuh virus pada bagian luar memiliki protein reseptor. Virus dapat menginfeksi apabila struktur tersebut cocok dengan protein reseptor pada membran sel inang.

Proses memperbanyak diri virus disebut dengan replikasi. Replikasi virus terdiri dari siklus litik dan lisogenik. Virus melakukan siklus litik dan lisogenik tergantung pada virulensi atau ketahanan sel inang

terhadap virus penginfeksi. Jika sel inang memiliki ketahanan yang lemah maka virus dapat melakukan **siklus litik**. Sebaliknya, jika sel inang memiliki ketahanan yang tinggi maka virus melakukan **siklus lisogenik**.

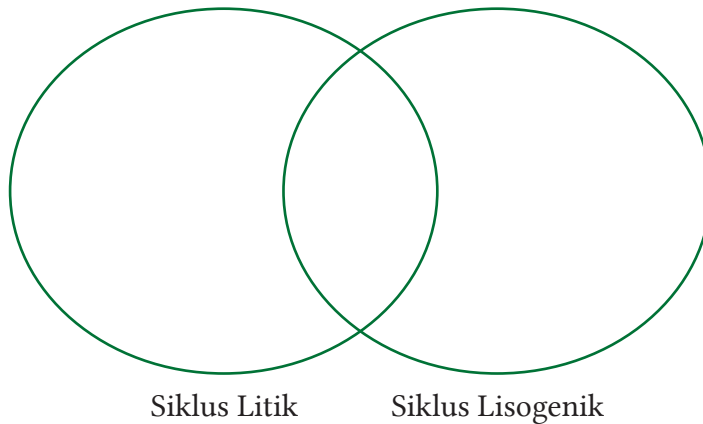
Pada siklus litik perkembangbiakan virus diawali dengan tahap melekatnya virus pada sel inang, kemudian penetrasi asam nukleat virus ke dalam sel inang. Tahap selanjutnya adalah asam nukleat virus akan memerintah sel inang untuk mensintesis asam nukleat dan bagian tubuh virus untuk dirakit menjadi tubuh virus baru. Akhir siklus ini sel inang pecah dan mengeluarkan banyak virus baru.

Berbeda dengan siklus litik, pada siklus lisogenik sel inang akan tetap membawa asam nukleat virus meskipun sel inang memperbanyak dirinya. Siklus lisogenik ini dapat beralih ke siklus litik. Berikut adalah gambar proses replikasi virus.

Gambar 2.4. Replikasi Virus

Setelah Kalian belajar tentang replikasi virus, cobalah jawab pertanyaan berikut.

1. Urutkanlah proses tahapan proses replikasi virus berikut.

Dilihat dari tahapannya, siklus apakah yang terjadi?

2. Identifikasilah persamaan dan perbedaan siklus litik dan lisogenik dengan menggunakan diagram venn berikut.

3. Berikut adalah penggalan berita *hoax* atau bohong tentang bagaimana virus corona memperbanyak diri.

Virus corona yang tanpa sengaja menempel pada kulit tangan, akan menginfeksi sel-sel pada kulit tangan. Ketika virus corona menempel pada permukaan sel inang, virus menginjeksikan RNA ke dalam sel inang dan memerintahkan sel inang untuk memproduksi partikel virus. Itulah mengapa kita harus mencuci tangan agar virus tidak menginfeksi sel kulit.

a. Berdasarkan paragraf tersebut, pernyataan mana sajakah yang benar?

b. Menurut Kalian, kegiatan laboratorium manakah yang dapat membuktikan bahwa mencuci tangan dapat mengurangi infeksi virus?

Kegiatan Laboratorium	Benar	Salah
Mengamati di bawah mikroskop elektron sel kulit tangan yang terpapar virus corona dan sel kulit tangan yang telah dicuci dengan sabun.		
Membandingkan jumlah yang tertular Covid-19 antara kelompok orang yang tidak mencuci tangan dan yang selalu mencuci tangan setelah kontak dengan penderita Covid-19.		
Mencampur virus corona dengan air sabun kemudian mengecek strukturnya di bawah mikroskop.		

Apa alasan Kalian menyatakan benar atau salah?

Tahap 2. Menelaah cara virus bereproduksi

Setelah Kalian mengidentifikasi penyakit-penyakit akibat virus yang terjadi di daerah Kalian, pilihlah salah satu penyakit untuk Kalian telaah karakteristik dan cara virus tersebut berkembangbiak dan menyebar. Kalian dapat menelaah artikel atau video yang terpercaya pada internet untuk menemukan jawabannya.

2.3. Peranan Virus

Pada pelaksanaan kegiatan **Proyek Tahap 1**, Kalian menemukan bahwa banyak penyakit yang disebabkan oleh virus, seperti Covid-19. Bagaimanakah peran virus pada hewan dan tumbuhan? Apakah ada peranan virus yang menguntungkan manusia? Sebelum belajar lebih lanjut mari kita lakukan **Aktivitas 2.3**.

Ayo Menelaah

Berikut adalah intisari dari artikel *The Good that Viruses do* yang ditulis oleh Mario Mietzsch and Mavis Agbandje-McKenna.

Masyarakat luas memiliki persepsi negatif terhadap virus. Virus selalu dikaitkan dengan penyakit, infeksi, kematian dan wabah penyakit. Namun sesungguhnya para virologis menemukan bahwa virus dapat dimanfaatkan dalam kesehatan manusia. Saat ini telah berkembang *virotherapy* yaitu pengobatan penyakit dengan menggunakan virus. Virus oncolytic contohnya, virus ini dapat melisiskan sel kanker tanpa merusak sel non-kanker. Virus juga dimanfaatkan sebagai vektor pembawa gen untuk memperbaiki gen abnormal pada terapi gen atau sel. Selain itu, virus digunakan dalam banyak studi genetik untuk menentukan mekanisme molekuler, digunakan sebagai insektisida, dan telah dilaporkan meningkatkan toleransi kekeringan pada beberapa tanaman. Jadi sesungguhnya banyak hal "baik" yang dapat dilakukan.

Untuk memperoleh informasi lebih detail tentang artikel ini, silahkan membaca artikel ini pada link

https://www.annualreviews.org/doi/full/10.1146/annurev-vi-04-071217-100011

Berdasarkan kajian tentang virus tersebut, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Jelaskan "kebaikan" apa yang saja yang dapat virus lakukan?
2. Dari sekian kebaikan yang dilakukan virus, pilihlah satu yang menarik untukmu, kemudian jelaskan manfaatnya bagi kehidupan manusia, hewan, tumbuhan atau eksositem!

Ketika Kalian mendengar kata virus, yang terlintas pastilah penyakit, menular dan mematikan. Apalagi semenjak kita berada dalam masa pandemi Covid-19, kata virus menyebabkan ketakutan pada kita. Begitu pula hasil penyelidikan Kalian pada **Proyek tahap 1**, Kalian mungkin menemukan berbagai penyakit yang disebabkan oleh virus pada manusia, seperti demam berdarah, polio, flu, cacar dan hepatitis. Selain itu virus juga menyebabkan penyakit pada tumbuhan seperti mosaik dan tungro, serta penyakit pada hewan seperti rabies dan tetelo.

Sesungguhnya virus juga bermanfaat untuk kehidupan manusia. *Baculovirus* adalah virus yang menyerang serangga dan artropoda sehingga dimanfaatkan sebagai biopestisida di lahan pertanian. Kemampuannya dalam melemahkan inangnya dimanfaatkan dalam pengobatan biologis untuk melemahkan atau membunuh bakteri, jamur atau protozoa yang bersifat patogen.

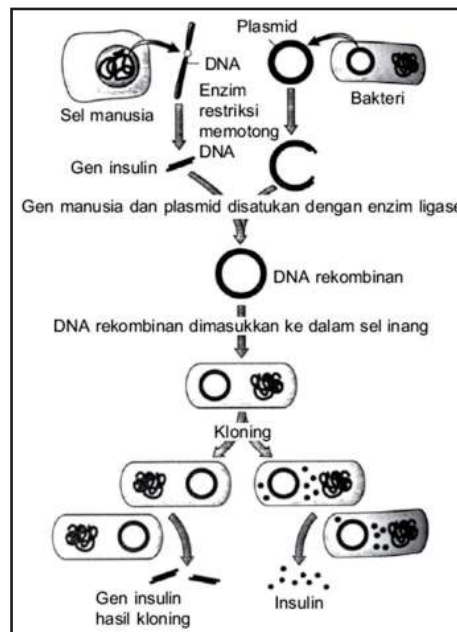
Pada sub topik replikasi virus, Kalian telah mempelajari pada saat virus menginfeksi sel inang, virus memasukkan asam nukleatnya ke dalam sel inang. Kemampuan ini dapat dimanfaatkan dalam proses rekayasa genetika pada pembuatan insulin dan terapi gen. Virus yang disisipi gen penghasil insulin menginfeksi bakteri, sehingga bakteri ini berkembangbiak dan menghasilkan insulin. Sedangkan pada terapi gen, virus dimasukkan gen terapeutik agar virus mengirimkan gen ini pada sel target untuk memulihkan fungsi gen yang rusak.

Dalam dunia kesehatan, virus dapat dijadikan sebagai agen anti kanker dan bahan pembuat vaksin. Virus oncolytic digunakan sebagai agen anti kanker. Virus tersebut selektif untuk memilih sel kanker sehingga menginfeksi dan merusak sel kanker tanpa merusak sel yang sehat.

Pada pembuatan vaksin, diperlukan virus inaktif atau bagian struktur tertentu pada virus sebagai protein khusus yang akan memacu terbentuknya respon kekebalan tubuh untuk melawan suatu penyakit. Ketika tubuh terpapar oleh virus yang dilemahkan ini, limfosit akan aktif dan membentuk antibodi untuk mengikat virus agar tidak menginfeksi sel targetnya. Uniknya sistem imun kita akan mengingat virus yang pernah masuk sehingga jika terpapar yang kedua kalinya tubuh akan lebih cepat mengatasi infeksi virus tersebut.

Setelah Kalian belajar tentang peranan virus, cobalah jawab pertanyaan berikut.

1. Jodohkanlah nama virus dan penyakit yang benar!

2. Melalui bioteknologi, insulin dapat dihasilkan dari sel bakteri. **Gambar 2.5** adalah bagan pembentukan insulin.

Gambar 2.5. Bagan Pembentukan insulin
Sumber: Biology/Mader S.S. (2015)

Berdasarkan bagan tersebut, pada proses manakah kita bisa memanfaatkan virus dalam pembuatan insulin?

3. Bacalah intisari artikel yang berjudul **Efikasi Vaksin Sinovac 65,3 Persen, Bagaimana Cara Menghitungnya?** yang ditulis oleh Holy Kartika Nurwigati Sumartiningtyas.

   Vaksin Covid-19 Sinovac secara resmi diijinkan digunakan di Indonesia. Nilai efikasi vaksin sinovac di bandung sebesar 65,3%, hal ini berbeda dengan nilai efikasi vaksin sinovac di Brasil yaitu sebesar 78% dan di Turki sebesar 91,75%. Bagaimana cara menghitung nilai efikasi vaksin sinovac di Bandung sehingga nilainya berbeda dengan negara lainnya?

   Uji vaksin Sinovac di Bandung melibatkan 1.600 orang, terdapat 800 orang yang menerima vaksin, dan 800 orang yang mendapatkan placebo (vaksin kosong). Pada kelompok yang menerima vaksin ada 26 yang terinfeksi Covid-19 atau 3,25%, sedangkan dari kelompok placebo ada 75 orang yang terkena Covid-19 atau 9,4%. Nilai efikasinya adalah $(0{,}094-0{,}0325)/0{,}094 \times 100\% = 65{,}3\%$. Dengan demikian nilai efikasi adalah perbandingan antara kelompok yang diberi vaksin dengan kelompok yang diberi placebo.

   Untuk memperoleh informasi lebih detail tentang artikel ini, silahkan membaca artikel pada https://www.kompas.com/sains/read

   Berdasarkan artikel tersebut, jawablah pertanyaan berikut.

   a. Apakah variabel terikat dan variabel bebas dalam penelitian tersebut?
   b. Jika seandainya dilakukan uji efikasi vaksin sinovac di suatu daerah dengan pengujian kepada 500 orang yang menerima vaksin dan 500 orang sebagai pembanding dan ditemukan 20 orang yang menerima vaksin mengalami Covid-19, sedangkan 100 orang kelompok pembanding mengalami Covid-19. Berapakah efikasi vaksin tersebut!
   c. Tentukan apakah aktivitas penelitian dalam menguji efikasi virus benar atau salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Orang yang akan diberikan vaksin harus dalam kondisi sehat.		
Jumlah orang yang diberikan vaksin boleh lebih banyak dibandingkan dengan kelompok pembanding.		

   Apa alasan Kalian menyatakan benar atau salah?

2.4. Cara Mencegah Penyebaran Virus

Sebagaimana telah disampaikan di bagian sebelumnya, virus Covid-19 menyebar dengan sangat cepat ke seluruh dunia. Bagaimana cara virus menyebarkan dirinya? Bagaimana cara mencegah penyebaran virus? Sebelum belajar lebih lanjut mari kita lakukan **Aktivitas 2.4.**

Ayo Menelaah

Perhatikan anjuran pada info grafis berikut ini.

Gambar 2.6.
5 hal penting cegah Covid-19

Berdasarkan infografis tersebut, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Bagaimana cara virus corona menyebar?
2. Mengapa mencuci tangan dengan sabun dapat mengurangi penyebaran virus corona?
3. Mengapa penggunaan masker disarankan dalam pencegahan penularan Covid-19?
4. Apa fungsi mengkonsumsi gizi seimbang dalam pencegahan penularan Covid-19?
5. Dari sekian anjuran, adakah anjuran lain yang dapat Kalian sampaikan dalam pencegahan penularan virus corona?

Setiap virus menyebar dengan cara tertentu. Virus Dengue yang menyebabkan demam berdarah menyebar dengan perantara nyamuk *Aedes aegypti*, virus *varicella zoster* yang menyebabkan cacar menyebar melalui sentuhan dengan penderita, percikan cairan tubuh penderita atau sentuhan terhadap benda yang sebelumnya disentuh oleh penderita, sedangkan HIV menyebar melalui injeksi langsung ke aliran darah, kontak membran mukosa atau jaringan yang terluka dengan cairan tubuh tertentu (darah, ASI, semen) penderita.

Khusus untuk virus corona yang melanda dunia saat ini virus menyebar melalui *droplet* yang dikeluarkan oleh penderita melalui bersin, batuk atau saat pederita berbicara. Penyebarannya sangat cepat dan mudah terjadi tanpa disadari oleh pembawanya. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan dalam mengurangi penyebaran virus corona ini.

Cara pertama yaitu tindakan yang bersifat fisik. Virus corona menyebar melalui droplet penderita yang akan jatuh beberapa meter dari penderita, sehingga disarankan agar terdapat jarak kurang lebih 2 meter ketika berinteraksi dengan seseorang. Virus ini masuk melalui saluran pernafasan atau mulut, sehingga untuk mengurangi kesempatan tersebut disarankan menggunakan masker yang menutupi area hidung hingga dagu. Itu pulalah alasan mengapa kita dianjurkan untuk tidak menyentuh area wajah dengan tangan karena *droplet* yang keluar dapat terjatuh di pakaian penderita atau di benda-benda lain dekat penderita yang tanpa sengaja dapat kita sentuh.

Cara kedua adalah tindakan yang menggunakan bahan kimia. Seperti yang telah Kalian pelajari beberapa virus memiliki struktur amplop. Salah satu cara agar virus tidak dapat menginfeksi sel inang adalah dengan merusak struktur amplop tersebut. Penggunaan sabun dan air dapat merusak struktur amplop pada virus. Sabun mengandung zat mirip lemak yang disebut amphiphiles, yang secara struktural sangat mirip dengan lipid di amplop virus corona. Molekul sabun bersaing dengan lipid di amplop virus sehingga mampu merusak amplop virus. Disamping itu pula sabun membantu melepaskan virus ketika menempel pada kulit. Jika kita tidak memiliki sabun dan air, pembersih tangan (*hand sanitizer)* dapat juga merusak struktur amplop virus karena mengandung alkohol 70% dan zat lain yang dapat merusak selubung protein virus.

Cara pencegahan yang ketiga bersifat biologis. Untuk bertahan dari serangan penyakit, tubuh manusia memiliki sistem kekebalan tubuh. Sistem kekebalan spesifik pada manusia memiliki kemampuan pertahanan yang kuat untuk menghadapi patogen tertentu. Tubuh mampu mengingat patogen tertentu yang pernah menyerang sehingga dapat segera membentuk antibodi untuk melawannya. Dengan demikian patogen tersebut tidak membahayakan atau tidak bisa menjangkit kedalam tubuh untuk kedua kalinya. Dalam memberikan reaksi terhadap serangan dari patogen tersebut, sistem kekebalan tubuh akan mengaktifkan limfosit dan memproduksi antibodi. Inilah mengapa vaksin diberikan kepada manusia.

Ada dua jenis vaksin yaitu *attenuated whole-agent vaccines* yang berasal dari patogen hidup yang dilemahkan dan *inactivated whole-agent vaccines* yang berasal dari patogen yang telah dihancurkan kemampuan infeksinya tetapi mampu menstimulus antibodi. Vaksin merangsang sistem kekebalan tubuh manusia untuk mengingat patogen tersebut dan menghasilkan antibodi, sehingga ketika tubuh diserang oleh patogen tersebut, tubuh telah memiliki persiapan untuk melawannya. Selain itu anjuran untuk makan-makanan seimbang, istirahat yang cukup, menghindari stress dan minum vitamin adalah cara untuk meningkatkan sistem kekebalan tubuh manusia.

Tubuh yang telah terinfeksi oleh virus dapat diobati dengan memberikan zat antivirus yang dapat menghambat menghambat perkembangbiakan virus. Acyclovir merupakan salah satu zat antivirus yang menghambat proses replikasi *herpes simplex virus* penyebab penyakit herpes. Acyclovir menghambat proses sintesis DNA virus pada sel inangnya sehingga menghambat perbanyakan tubuh virus.

Pemberian antibodi secara langsung juga dapat dilakukan untuk mengatasi penyakit akibat virus. Seperti dalam penerapan terapi plasma darah pada pasien Covid-19. Plasma darah yang digunakan adalah milik pasien Covid-19 yang sembuh sehingga di dalam plasma darah tersebut telah memiliki antibodi untuk melawan virus corona. Pemberian plasma darah ini akan membantu pasien Covid-19 lainnya dalam melawan virus corona.

Ayo Berlatih

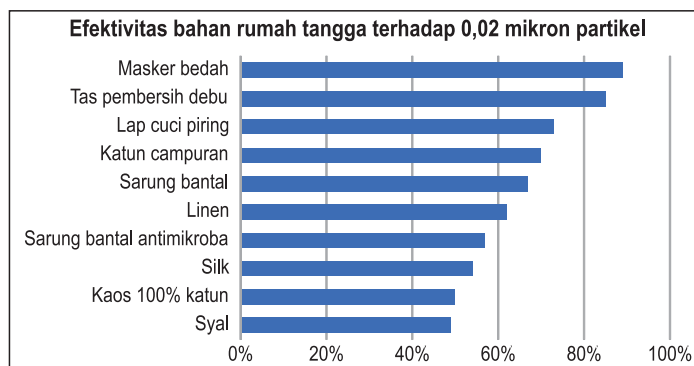
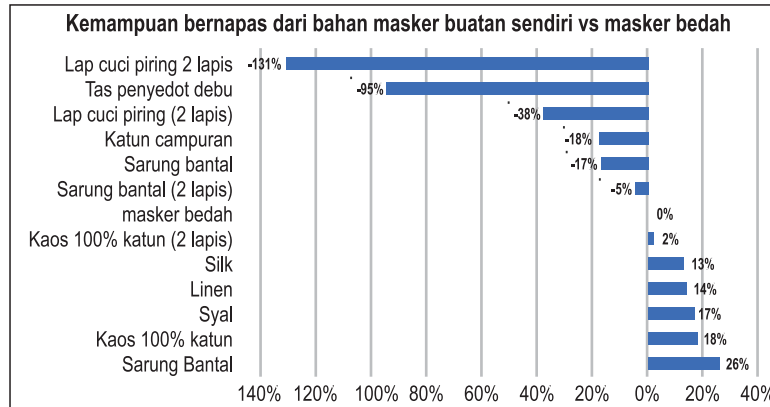
Setelah Kalian belajar tentang cara penyebaran virus, cobalah jawab pertanyaan berikut.

1. Perhatikan **Gambar 2.7** di samping yang merupakan salah satu pembersih tangan (*hand sanitizer*) yang ada di pasaran.

   Menurut Kalian apakah pembersih tangan (*hand sanitizer*) *ini* baik digunakan?

Gambar 2.7. Pembersih tangan *(hand sanitizer)*
Sumber: Kemendikbudristek/Ayuk Ratna P. (2021)

2. Bacalah intisari artikel yang berjudul *What Are the Best Materials for Making DIY Masks*? yang ditulis oleh Paddy Robertson.

   Peneliti dari Universitas Cambridge menguji berbagai jenis kain yang digunakan rumah tangga untuk membuat masker. Untuk mengukur efektivitas bahan, peneliti menggunakan Bacteriophage MS2 yang berukuran 0,02 mikron (5 kali lebih kecil dari virus corona). Selain itu peneliti melakukan uji kemampuan bernafas pada masing-masing kain. Hal ini penting untuk kenyamanan pengguna masker sehingga mempengaruhi lama masker tersebut dapat digunakan. Berikut adalah hasil penelitiannya.

Gambar 2.8 Efektifitas kain terhadap partikel berukuran 0,02 mikron.
Sumber: smartairfilters.com/Paddy Robertson (2020)

Gambar 2.9. Kemampuan bernafas pada bahan

Sumber: smartairfilters.com/Paddy Robertson (2020)

Untuk memperoleh informasi lebih detail tentang artikel ini, silahkan membaca artikel pada https://smartairfilters.com/en/?s=What+Are+the+Best+Materials+for+Making+DIY+Masks%3

Berdasarkan artikel tersebut, jawablah pertanyaan berikut!

a. Buatlah urutan jenis kain dari yang terburuk hingga yang terbaik yang dapat menghalangi virus corona masuk ke sistem pernafasan manusia!

b. Menurut Kalian dilihat dari kenyamanan bernafas dan kemampuan menghalangi virus corona, jenis kain apakah yang paling tepat? Mengapa?

c. Jika Kalian diberikan 2 kain yang tidak diketahui ukuran seratnya, tentukan benar atau salah aktivitas yang dilakukan untuk mengukur kemampuan memfilter virus corona?

Pernyataan	Benar	Salah
Mengukur diameter serat kain.		
Membandingkan jumlah virus yang tersaring diantara 2 kain tersebut.		
Membandingkan ukuran virus corona dengan pori-pori masing-masing kain.		

Apa alasan Kalian menyatakan benar atau salah?

Tahap 3. Mengkampanyekan solusi pencegahan virus

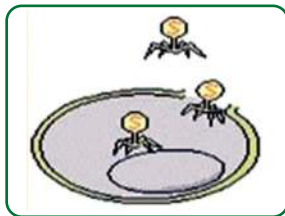
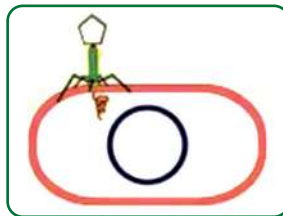
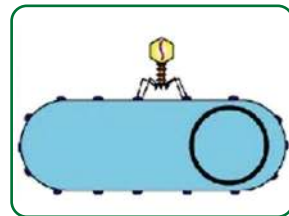
Setelah menyelesaikan tahap 2 proyek, telaahlah artikel terpercaya berkaitan dengan virus yang Kalian pilih tersebut untuk menemukan bagaimana virus tersebut menyebar. Dari hasil telaah yang Kalian lakukan, berilah solusi bagaimana cara pencegahan penularannya. Laporkan dan kampanyekan hasil proyek Kalian dalam bentuk tulisan atau lisan di media sosialmu.

- Virus bukan merupakan mahkluk hidup.
- Virus tersusun atas asam nukleat dan selubung protein (kapsid).
- Virus hanya mampu bereproduksi pada sel inangnya melalui fase litik atau lisogenik.
- Meskipun virus menyebabkan banyak penyakit pada manusia, hewan dan tumbuhan, tetapi virus juga berperan dalam terapi gen, pembentukan insulin, pembuatan vaksin dan biopestisida.
- Virus dapat rusak jika terkena alkohol di atas 70%.

Setelah Kalian mempelajari Bab 2, pembelajaran apa yang dapat Kalian ambil? Bagaimana sebaiknya Kalian bersikap dan berperilaku terhadap pandemi Covid-19 ini?

Jawablah pertanyaan berikut!

1. Pilihlah pernyataan berikut yang benar tentang virus.
   - ☐ Virus hanya dapat bereproduksi dalam sel inang.
   - ☐ Virus merupakan salah satu mahkluk hidup.
   - ☐ Virus bukan merupakan sebuah sel.
   - ☐ Virus tersusun atas materi genetik dan kapsid.

2. Jodohkanlah gambar fase dengan nama fase yang benar pada siklus litik.

3. Tentukan benar atau salah penjelasan tentang peranan virus.

Pernyataan	Benar	Salah
Tungro adalah penyakit yang menyerang tanaman padi yang disebabkan oleh virus tungro.		
Virus NCD menyebabkan penyakit tetelo pada ayam dan itik.		
Cikungunya adalah penyakit demam yang disebabkan oleh virus dengue.		
Virus dapat menghasilkan insulin dengan merekayasa materi genetiknya.		

Apa alasan Kalian menyatakan benar atau salah?

4. Perhatikan poster berikut.

Gambar 2.10. Infografis isolasi mandiri
Sumber: ksp.go.id/Kantor Staf Presiden RI (2021)

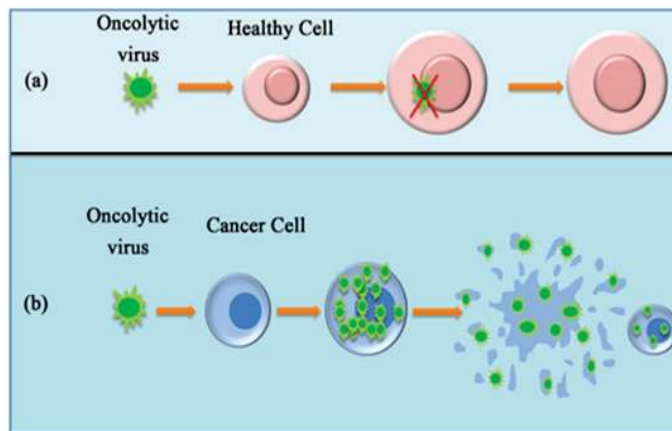
a. Berdasarkan poster tersebut, tentukan benar atau salah pernyataan berikut.

Pernyataan	Benar	Salah
Mengatur jarak maksimal 2 meter dapat mengurangi penyebaran virus corona.		
Menggunakan gelas yang sama secara bergiliran tidak dianjurkan		
Tinggal dalam ruangan ber-AC dapat mengurangi penyebaran virus corona.		

b. Seorang peneliti meneliti sebaran *droplet* ketika seseorang berbicara, bersin dan batuk. Dalam penelitiannya dia juga mengamati sebaran *droplet* ketika orang tersebut tidak menggunakan pelindung, menggunakan masker, pelindung wajah (*face shield*) dan kaca penyekat. Berdasarkan informasi tersebut, tentukan apakah pernyataan berikut benar atau salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Peneliti bermaksud membandingkan efektivitas masker, pelindung wajah (*face shield*) dan kaca penyekat.		
Peneliti tersebut meneliti perbandingan sebaran *droplet* (percikan) apabila seseorang menggunakan pelindung dan tidak menggunakan sama sekali.		
Data penelitian tersebut dapat digunakan untuk menentukan pelindung yang tepat untuk mengurangi penyebaran Covid-19.		

c. Penelitian lanjutan seperti apakah yang dapat dilakukan oleh peneliti tersebut?

Baru-baru ini, virus telah digunakan untuk menargetkan dan menyerang tumor yang telah terbentuk. Virus ini dikenal sebagai virus oncolytic. Virus oncolytic adalah bentuk imunoterapi yang menggunakan virus untuk menginfeksi dan menghancurkan sel kanker. Infeksi oleh virus tertentu dapat mempengaruhi perkembangan kanker tertentu, seperti virus hepatitis B (HBV) pada kanker hati dan virus papiloma manusia (HPV) pada kanker serviks dan kanker kepala dan leher.

Gambar 2.11. Virus oncolytic

Sumber: ablinc.com/ABL Inc. (2021)

Virus alami ini dapat direkayasa untuk memberi mereka khasiat yang menguntungkan, termasuk mengurangi kemampuan mereka untuk menginfeksi sel sehat dan menghasilkan molekul peningkat kekebalan setelah mereka menginfeksi sel tumor. Setelah infeksi, virus oncolytic ini dapat menyebabkan sel kanker lisis sehingga membunuh sel kanker dan melepaskan antigen kanker. Antigen ini kemudian dapat merangsang respons kekebalan yang dapat mencari dan menghilangkan sel tumor yang tersisa di dekatnya dan berpotensi di tempat lain di tubuh.

Diskusikan dalam kelompok kecil, bagaimana virus oncolytic dapat menyembuhkan kanker? Adakah dampak negatif dari penggunaan virus oncolytic?

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2021

Ilmu Pengetahuan Alam
untuk SMA Kelas X

Penulis: Ayuk Ratna Puspaningsih, Elizabeth Tjahjadarmawan, Niken Resminingpuri Krisdianti
ISBN: 978-602-244-380-3

Bab 3

Kimia Hijau dalam Pembangunan Berkelanjutan 2030

Kata Kunci

- *Green chemistry*
- Kimia hijau
- Prinsip kimia hijau
- Proses kimia
- Reaksi Kimia
- Pelestarian Lingkungan

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Bab ini, Kalian dapat

1) mendeskripsikan pengertian kimia hijau,
2) mendeskripsikan pentingnya kimia hijau,
3) menganalisis prinsip kimia hijau dalam kehidupan sehari-hari,
4) mengidentifikasikan proses kimia dalam kehidupan sehari-hari terkait hal-hal yang tidak sesuai dengan prinsip kimia hijau, dan
5) menciptakan kegiatan yang mendukung prinsip kimia hijau.

Gambar 3.1. Ledakan pabrik kimia

Sebuah pabrik kimia yang berada di Kota Cilegon, meledak dengan mengeluarkan suara yang sangat keras. Kepulan asap hitam pekat, bau gas kimia menyengat sangat mengganggu pernafasan warga yang mengeluhkan mata perih dan susah bernafas usai suara ledakan itu. Akibatnya, warga yang lokasinya berada tidak jauh dari pabrik kimia tersebut harus mengungsi.

Diduga bahan kimia yang bocor adalah formalin dengan rumus kimia CH_2O. Menurut *www.pom.go.id*, pada umumnya larutan formalin 37% dalam air digunakan sebagai bahan baku pada industri panel kayu, seperti kayu lapis, papan partikel, papan serat berkerapatan sedang, perlengkapan rumah tangga, dan lem emulsi yang dapat digunakan secara luas di berbagai industri.

Sumber berita: *https://kumparan.com/kumparannews/terdengar-ledakan-dan-bau-gas-dari-pabrik-kimia-di-cilegon-warga-sekitar-panik-1upY6vP4wUx/full/*

Coba Kalian bayangkan jika ledakan seperti itu sering terjadi maka bagaimana nasib bumi dan makhluk hidup yang ada di dalamnya? Bagaimana keadaan masyarakat dan lingkungan (air, tanah, udara, tanaman, hewan) yang ada di sekitarnya? Masa depan bumi ditentukan dari sekarang.

Badan dunia PBB mencanangkan salah satu program pembangunan berkelanjutan hingga tahun 2030 yaitu bagaimana lingkungan tetap aman dan lestari. Sebagai bagian dari masyarakat global Kalian bisa berkontribusi menjaga bumi tetap lestari dimulai dari rumah. Apa dan bagaimana? Pada bab ini Kalian akan mengenal lebih jauh tentang kimia hijau atau *green chemistry*. Untuk selanjutnya istilah yang digunakan pada bab ini adalah **kimia hijau**.

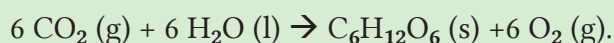
3.1. Pengertian dan Pentingnya Kimia Hijau.

Halo Pelajar Pancasila tahukah Kalian bahwa aktivitas yang kita lakukan dan lingkungan di sekitar kita selalu terkait dengan proses kimia yang melibatkan reaksi kimia. Coba diskusikan dalam kelompok adakah proses kimia di sekitar Kalian? Kalian boleh mencarinya melalui berbagai sumber lalu tulis proses yang ditemukan pada buku catatan Kalian.

Sebagian besar dari Kalian akan berpikir bahwa proses kimia itu menghasilkan hal-hal misalnya suara ledakan yang keras, gumpalan asap, nyala api, aroma yang menyengat, atau bahkan zat-zat yang beracun sehingga proses kimia cenderung dianggap berbahaya dan dihindari. Mari kita lihat lebih dahulu contoh-contoh proses kimia beserta reaksi kimia yang ada di sekitar kita.

Proses kimia: Fotosintesis

Persamaan reaksi kimia:

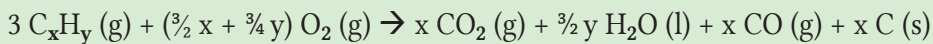
$$6\ CO_2\ (g) + 6\ H_2O\ (l) \rightarrow C_6H_{12}O_6\ (s) + 6\ O_2\ (g).$$

Penjelasan reaksi kimia:

(1) Reaksi fotosintesis yang dibantu sinar uv memerlukan gas CO_2. Gas ini dikenal sebagai gas rumah kaca yang menyebabkan peningkatan suhu bumi. Dengan adanya fotosintesis akan mengurangi jumlah gas CO_2 sehingga turut mengurangi pemanasan global.

(2) Produk dari reaksi fotosintesis adalah gula glukosa ($C_6H_{12}O_6$) dan gas Oksigen (O_2). Glukosa sebagai sumber energi bagi tanaman untuk bertumbuh sedangkan gas Oksigen yang dihasilkan bermanfaat untuk kehidupan manusia dan hewan.

Proses kimia: **Pembakaran tidak sempurna**

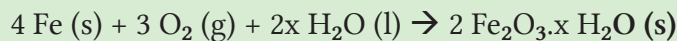
Persamaan reaksi kimia:

$3\ C_xH_y\ (g) + (\frac{3}{2}\ x + \frac{3}{4}\ y)\ O_2\ (g) \rightarrow x\ CO_2\ (g) + \frac{3}{2}\ y\ H_2O\ (l) + x\ CO\ (g) + x\ C\ (s)$

Penjelasan reaksi kimia:

Proses pembakaran sampah dilakukan di ruang terbuka artinya jumlah udara yang digunakan untuk membakar sampah terbatas. Salah satu komponen udara adalah gas oksigen (O_2). Jika jumlah udara terbatas maka jumlah gas O_2 juga berkurang akibatnya pembakaran ini menghasilkan gas karbon monoksida (CO) dan padatan arang karbon (C) yang mencemari udara sekitar.

Proses kimia: **Perkaratan besi**

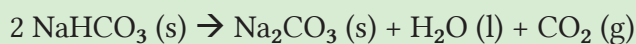
Persamaan reaksi kimia:

$$4\ Fe\ (s) + 3\ O_2\ (g) + 2x\ H_2O\ (l) \rightarrow 2\ Fe_2O_3.x\ H_2O\ (s)$$

Penjelasan reaksi kimia:

Jika benda yang terbuat dari besi (Fe) bereaksi dengan udara maka lama-kelamaan akan terjadi perkaratan ($Fe_2O_3.x\ H_2O$) sehingga benda akan rusak. Mengapa? Karena udara mengandung gas oksigen (O_2) dan uap air (H_2O). Perkaratan ini ditandai dengan munculnya lapisan tipis berwarna merah kecoklatan pada permukaan benda.

Proses kimia: **Pemanggangan roti**

Persamaan reaksi kimia:

$$2\ NaHCO_3\ (s) \rightarrow Na_2CO_3\ (s) + H_2O\ (l) + CO_2\ (g)$$

Penjelasan reaksi kimia:

Soda kue atau $NaHCO_3$ jika dipanaskan akan menghasilkan gas CO_2. Gas ini memberi tekanan pada dinding adonan roti sehingga membentuk rongga-rongga. Keadaan ini membuat roti mengembang dan menjadi lebih empuk.

Berdasarkan contoh-contoh tersebut, bagaimana pendapat Kalian terhadap proses dan reaksi kimia? Tulislah jawaban Kalian di buku catatan Kalian.

Ternyata proses kimia tidak selamanya menakutkan kita. Ada proses kimia yang baik, bermanfaat, dan aman bagi lingkungan. Proses kimia ini akan menjaga bumi kita tetap lestari, aman, dan sejahtera, demikian pula lingkungan akan tetap terjaga. Proses kimia seperti ini dikenal sebagai reaksi kimia hijau. Prinsip kimia hijau pertama kali dicetuskan oleh Paul Anastas pada tahun 1998 sebagai *Father of Green Chemistry* bersama John Warner. Untuk lebih memahami kimia hijau mari kita jelajahi **Aktivitas 3.1**.

Aktivitas 3.1

Baca dan analisis artikel berikut lalu jawablah pertanyaan yang ada di bagian bawah artikel ini.

> Dirgha Raj Joshi and Nisha Adhikari. 2019. Green Chemistry: Beginning, Recent Progress, and Future Challenges. *Word Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. Volume 8, Issue 7, 280-293.

Green Chemistry atau kimia hijau berhubungan dengan bagaimana mendesain produk kimia dan prosesnya untuk mengurangi atau menghilangkan penggunaan bahan-bahan kimia yang berbahaya bagi manusia, hewan, dan lingkungan tempat kita tinggal. Bahaya di sini bisa berupa ledakan fisik, sifat mudah terbakar, toksikologi-mutagenik, karsinogenik, termasuk perubahan iklim global, penipisan lapisan ozon, pencemaran lingkungan lainnya, dan paparan kimia. Efek zat berbahaya terhadap lingkungan, air, udara, makanan, pertanian, perubahan iklim, dan banyak lagi bahaya di setiap sudut lingkungan membuat kita semakin waspada untuk lebih fokus dan mempraktikkan konsep yang lebih hijau.

Dalam konsep kimia untuk pengembangan berkelanjutan, kita harus selalu memikirkan pilihan yang lebih aman dan lebih baik pada pilihan bahan maupun proses kimia. Penggantian klorofluorokarbon dengan hidroklorofluorokarbon (HClFC) dan hidrofluorokarbon (HFC) yang lebih aman mencegah risiko besar terkait lapisan ozon bumi tempat kita tinggal. Pengurangan penggunaan bahan bakar fosil dan pengembangan pestisida yang lebih aman bagi lingkungan membuat perubahan besar. Meskipun banyak pendekatan dilakukan dari banyak sisi, namun setiap individu perlu berpikir bahwa rumah, ruang tidur, dan dapur mereka sendiri haruslah lebih aman dan mengurangi bahaya paparan bahan kimia di sekitar kita. Hal-hal ini membuat kita menjadi lebih bertanggung jawab sebagai masyarakat global.

Sumber: *https://www.researchgate.net/publication/334163727_GREEN_CHEMISTRY_BEGINNING_RECENT_PROGRESS_ AND_FUTURE_CHALLENGES*

Pertanyaan:

1. Simpulkan pengertian kimia hijau dengan kritis dan kreatif.
2. Simpulkan apakah pentingnya kimia hijau dengan kritis dan kreatif.

3.2. Prinsip Kimia Hijau dalam Mendukung Upaya Pelestarian Lingkungan.

Kimia hijau bukan hanya terkait dengan penggunaan dan produksi bahan kimia yang aman saja. Prinsip kimia hijau dapat Kalian terapkan sendiri di rumah. Bahan kimia apa saja yang digunakan di rumah? Bagaimana cara Kalian menggunakannya? Bagaimana agar penggunaan bahan kimia di rumah dapat memberikan kontribusi terhadap prinsip kimia hijau? Menggunakan bahan kimia secukupnya, membuang bahan kimia pada tempatnya, menyimpan bahan kimia dengan cara yang benar, mengganti bahan kimia yang berbahaya dengan bahan alam yang lebih ramah lingkungan, serta menggunakan kembali bahan plastik merupakan wujud kontribusi Kalian terhadap prinsip kimia hijau.

Gambar 3.2. Hasil aktivitas penerapan prinsip kimia hijau.
Sumber: Kemendikbudristek/Elizabeth T. (2021)

Gambar 3.3. Bioplastik dari kulit pisang sebagai penerapan prinsip kimia hijau.
Sumber: Kemendikbudristek/Elizabeth T. (2021)

Prinsip kimia hijau sangat memberikan kontribusi terhadap pelestarian lingkungan. Dalam aktivitas selanjutnya, Kalian akan merancang, mengembangkan, dan mempraktikkan prinsip yang lebih hijau untuk pelestarian lingkungan. Lakukan **Aktivitas 3.2** untuk mengenal prinsip kimia hijau. Analisis lebih dahulu apa dan bagaimana prinsip kimia hijau itu dengan mencermati infografis yang disajikan pada **Gambar 3.4** berikut:

12 Prinsip Kimia Hijau

Kimia hijau adalah pendekatan kimia yang bertujuan memaksimalkan efisiensi dan meminimalkan pengaruh bahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Memang tidak ada reaksi kimia yang hijau sempurna namun keseluruhan efek negatif baik pada penelitian kimia maupun industri kimia dapat dikurangi melalui implementasi 12 prinsip kimia hijau.

1. Mencegah limbah

Mengutamakan pencegahan limbah ketimbang penanggulangan atau pembersihan limbah yang muncul setelah proses sintesis serta meminimalkan limbah pada setiap proses.

2. Memaksimalkan nilai ekonomi suatu atom

Mengurangi limbah pada level molekul dengan memaksimalkan jumlah atom dari semua pereaksi menjadi produk akhir. Atom ekonomi di sini untuk mengevaluasi efisiensi reaksi.

3. Sintesis kimia yang bahayanya sedikit

Mendesain reaksi kimia dan rute sintesis seaman mungkin. Mempertimbangkan semua bahan yang berbahaya selama reaksi berlangsung termasuk limbah.

4. Mendesain proses yang melibatkan bahan kimia yang aman

Memprediksi dan mengevaluasi aspek meliputi sifat fisika, toksisitas, dan lingkungan

5. Menggunakan pelarut dan kondisi reaksi yang lebih aman

Memilih pelarut yang paling aman dalam tiap proses serta meminimalkan jumlah pelarut agar tidak menghasilkan persentase limbah yang besar.

6. Mendesain efisiensi energi

Memilih jalan reaksi kimia yang paling kecil energinya. Menghindari pemanasan dan pendinginan juga tekanan dan kondisi vakum.

7. Menggunakan bahan baku terbarukan

Bahan baku terbarukan biasanya berasal dari produk pertanian atau hasil alam, sedangkan bahan baku tak terbarukan berasal dari bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam, batu bara, dan bahan tambang lainnya.

8. Mengurangi bahan turunan kimia

Mengurangi bahan turunan kimia untuk mengurangi tahapan reaksi, tambahan bahan kimia, dan produksi limbah.

9. Menggunakan katalis

Penggunaan katalis berperan pada peningkatan selektifitas, mengurangi limbah, waktu reaksi, dan energi dalam suatu reaksi.

10. Mendesain bahan kimia dan produk yang terdegradasi setelah digunakan

Bahan kimia harus mudah terdegradasi dan tidak terakumulasi di lingkungan.

11. Menganalisis secara langsung untuk mencegah polusi

Metode analisis yang dilakukan secara *real-time* untuk mencegah pembentukan bahan berbahaya bagi lingkungan.

12. Mencegah potensi kecelakaan

Memilih bahan kimia yang digunakan dalam reaksi kimia dan mengembangkan prosedur untuk menghindari kecelakaan.

Gambar 3.4. Prinsip kimia hijau

Aktivitas 3.2

Literasi	HOTS	SIKAP
	◆ Analisis ◆ Evaluasi ◆ Sintesis	◆ Mandiri ◆ Kritis, kreatif ◆ Gotong royong

Petunjuk teknis melakukan aktivitas ini.

1) Cermati dan maknai ke-12 prinsip kimia hijau pada **Gambar 3.4**.
2) Temukan permasalahan yang selama ini menyimpang dari prinsip kimia hijau lalu sarankan solusi untuk mengatasinya.
3) Kalian boleh bekerja bersama kelompok.
4) Carilah informasi yang diperlukan dari berbagai sumber. Cantumkan sumber literatur sebagai wujud perilaku jujur Kalian.
5) Rangkumlah hasil diskusi Kalian lalu tulis dalam bentuk tabel (Lihat Contoh pada **Tabel 3.1**).
6) Komunikasikanlah hasil diskusi Kalian dalam diskusi kelas.

Selamat bekerja.

Tabel 3.1. Hubungan prinsip kimia hijau terhadap fakta dan solusi dalam mendukung upaya pelestarian lingkungan.

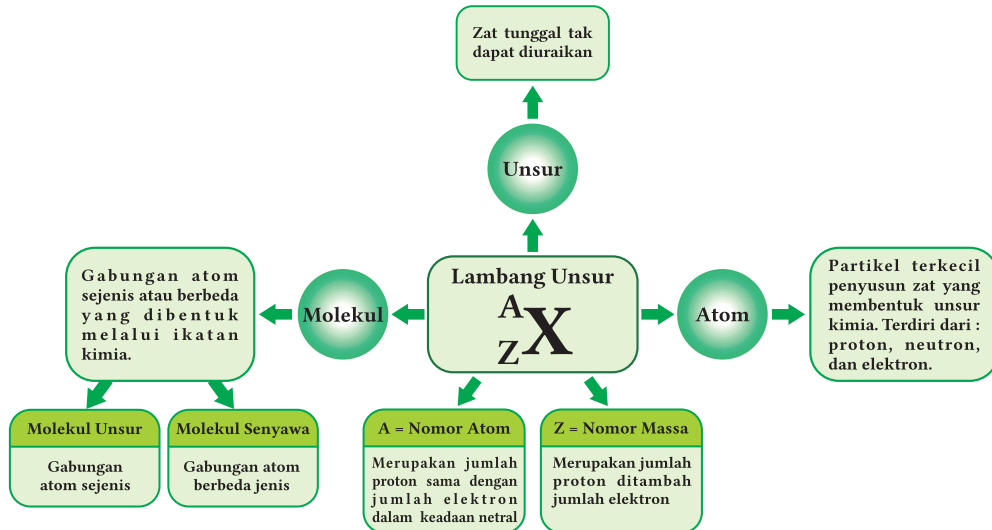
Prinsip kimia hijau ke-1	
Topik kimia hijau	Mencegah limbah
Permasalahan	1) Indonesia penyumbang sampah plastik terbesar ke-2 di dunia (1,23 *million metric ton*). 2) Banyak sampah plastik di rumah saya.
Solusi	1) Menggunakan bioplastik dari pati singkong yang tidak menghasilkan limbah telah dilakukan oleh tim peneliti dari LIPI sejak tahun 2016 hingga kini. 2) Membawa tas belanja dari rumah saat berbelanja. 3) Mengolah plastik bekas kemasan sebagai tas, tempat pena, tempat sampah, pot bunga, dan lainnya
Sumber informasi	1) https://www.wwf.org.uk/updates/how-does-plastic-end-ocean 2) https://www.liputan6.com/regional/read/3925727/bioplastik-plastik-ramah-lingkungan-dari-singkong

3.3. Proses Kimia dalam Kehidupan Sehari-hari Terkait Hal-hal yang Tidak Sesuai dengan Prinsip Kimia Hijau.

Dari **Aktivitas 3.2** yang telah Kalian kerjakan, dapat disimpulkan bahwa tujuan akhir dari prinsip kimia hijau adalah pelestarian lingkungan. Selanjutnya bagaimana kita bisa mengetahui bahwa semua aktivitas yang kita lakukan sudah menunjukkan kontribusi terhadap penerapan prinsip kimia hijau? Tentu kita perlu mengidentifikasi senyawa kimia dan reaksi kimia yang berkontribusi maupun yang bertentangan dengan prinsip kimia hijau. Hal ini akan Kalian lakukan pada **Aktivitas 3.3**, namun sebelumnya mari cermati beberapa hal berikut.

Pertama amati tabel sistem periodik unsur yang terdapat pada **Gambar 3.5**. Tabel ini terdiri dari berbagai unsur kimia yang lebih dahulu perlu Kalian kenali. Tabel ini juga memberikan contoh cara menuliskan lambang unsur atau lambang molekul dengan baik.

Gambar 3.5. Tabel Sistem Periodik Unsur

Hal kedua adalah memahami apakah pengertian unsur. Apa hubungannya dengan atom dan molekul? Untuk menjawabnya lakukan analisis terlebih dahulu pada **Gambar 3.6** berikut.

Gambar 3.6. Pengertian atom, unsur, dan molekul.

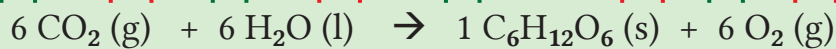
Dari **Gambar 3.6** diketahui bahwa unsur merupakan zat tunggal yang tidak dapat diuraikan menjadi zat lainnya melalui reaksi kimia. Setiap unsur disusun dari gabungan atom sejenis. Sementara atom adalah unit terkecil dari suatu zat yang memiliki sifat kimia suatu unsur. Gabungan atom sejenis akan membentuk molekul unsur misalnya gas Oksigen (O_2), ozon (O_3), gas hidrogen (H_2), gas klorin (Cl_2), dan gas nitrogen (N_2). Adapun gabungan atom yang berbeda akan menghasilkan molekul senyawa antara lain gas karbon dioksida (CO_2), air (H_2O), dan glukosa ($C_6H_{12}O_6$). Molekul unsur dan molekul senyawa yang bereaksi dapat Kalian baca maupun tulis dalam suatu persamaan reaksi kimia.

Hal ketiga yaitu mengenal bahwa reaksi kimia merupakan proses perubahan yang terjadi bila satu senyawa berubah atau bereaksi dengan senyawa atau unsur lain, menghasilkan senyawa atau unsur yang baru. Secara molekuler proses kimia selalu disimbolkan dengan persamaan reaksi. Untuk lebih jelasnya, silakan Kalian lihat petunjuk penting dalam menuliskan persamaan reaksi kimia yang ada pada infografis *Intisari* berikut.

Petunjuk penting penulisan persamaan reaksi kimia.

Perhatikan contoh berikut

Persamaan reaksi kimia fotosintesis:

$$6\ CO_2\ (g) + 6\ H_2O\ (l) \rightarrow 1\ C_6H_{12}O_6\ (s) + 6\ O_2\ (g)$$

Zat-zat yang ditulis di sebelah kiri tanda panah dinamakan zat pereaksi (reaktan).

CO_2 dan H_2O adalah zat-zat pereaksi (reaktan).

Zat-zat yang ditulis di sebelah kanan tanda panah adalah hasil reaksi (produk).

$C_6H_{12}O_6$ dan O_2 adalah zat-zat hasil reaksi (produk).

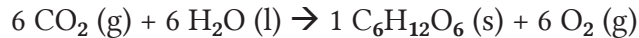
Keduanya dihubungkan dengan tanda panah yang arahya dari zat pereaksi ke arah zat hasil reaksi.

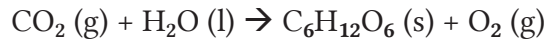
Fasa zat dituliskan pada bagian sebelah kanan zat. Ada 4 fasa zat yaitu:

- padatan (*solid*) ditulis (s)
- gas ditulis (g)
- *aqueous* ditulis (aq)
- *liquid* ditulis (l)

Angka yang ditulis di depan lambang unsur atau molekul disebut koefisien reaksi. Pada reaksi fotosintesis koefisien reaksi CO_2, H_2O, $C_6H_{12}O_6$, dan O_2 berturut-turut adalah 6, 6, 1, dan 6. Koefisien reaksi ditetapkan dan dicantumkan agar persamaan reaksi setara yaitu jumlah atom masing-masing unsur di sebelah kiri dan kanan haruslah sama.

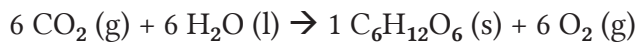
Mari kita perhatikan lagi kesetaraan reaksi fotosintesis

$$6\ CO_2\ (g) + 6\ H_2O\ (l) \rightarrow 1\ C_6H_{12}O_6\ (s) + 6\ O_2\ (g)$$

Apabila tanpa koefisien reaksi

$$CO_2\ (g) + H_2O\ (l) \rightarrow C_6H_{12}O_6\ (s) + O_2\ (g)$$

maka jumlah atom masing-masing unsur sebelah kiri tidak sama dengan kanan.

Di sebelah kiri jumlah atom C ada 1, jumlah atom O ada 3, dan jumlah atom H ada 2. Sedangkan di sebelah kanan jumlah atom C ada 6, jumlah atom O ada 8, dan jumlah atom H ada 12. Tidak sama bukan?

Dengan menambahkan koefisien reaksi pada persamaan:

$$6\ CO_2\ (g) + 6\ H_2O\ (l) \rightarrow 1\ C_6H_{12}O_6\ (s) + 6\ O_2\ (g)$$

Maka:

Di sebelah kiri jumlah atom C ada 6, jumlah atom O ada 18, dan jumlah atom H ada 12. Sedangkan di sebelah kanan jumlah atom C ada 6, jumlah atom O ada 18, dan jumlah atom H ada 12. Sudah sama bukan? Inilah yang disebut reaksi setara.

Ingatlah rumus molekul atau unsur tidak boleh berubah. Bagaimana rumus molekul menjadi seperti itu akan dibahas pada mata pelajaran kimia di kelas XI.

Ayo Berlatih

Ayo diskusikan bersama kelompok dan tulislah persamaan reaksi kimia setara dari:

(1) $N_2\ (g) + H_2\ (g) \rightarrow NH_3\ (g)$

(2) $H_2SO_4\ (aq) + NaOH\ (aq) \rightarrow Na_2SO_4\ (aq) + H_2O\ (l)$

(3) $Cl_2\ (g) + O_2\ (g) \rightarrow Cl_2O_7\ (g)$

(4) $H_2O_2\ (l) \rightarrow H_2O\ (l) + O_2\ (g)$

(5) $CaCO_3\ (s) + HCl \rightarrow CaCl_2\ (aq) + H_2O\ (l) + CO_2\ (g)$

Nah sekarang Kalian lakukan **Aktivitas 3.3** untuk mengidentifikasi proses kimia dalam kehidupan sehari-hari terkait hal-hal yang tidak sesuai dengan prinsip kimia hijau beserta solusinya.

Perhatikan diagram proses-proses kimia yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari.

Gambar 3.7. Proses Kimia dalam Kehidupan Sehari-hari

Petunjuk melakukan aktivitas:

Berdiskusilah dalam kelompok masing-masing lalu tulis dan presentasikan hal-hal berikut:

1) Identifikasi proses kimia yang terjadi dalam rumah maupun lingkungan sekitar rumah Kalian merujuk pada **Gambar 3.7**.
2) Identifikasi hal-hal yang tidak sesuai dengan prinsip kimia hijau dan sarankan tindakan yang merupakan solusi yang mendukung penerapan kimia hijau.
3) Buatlah tabel seperti **Tabel 3.2**. Pada tabel tersebut disajikan satu contoh yang bisa Kalian rujuk dan kembangkan. Tulislah hasil diskusi kelompok dalam tabel tersebut. Komunikasikan hasilnya dalam diskusi kelas.

Tabel 3.2. Identifikasi proses kimia dalam kehidupan sehari-hari terkait hal-hal yang tidak sesuai dengan prinsip kimia hijau dan solusinya.

No	Kegiatan atau kejadian di dalam/sekitar rumah
1	Membakar sampah di udara terbuka
	Proses kimia
	Proses pembakaran tidak sempurna.
	Persamaan reaksi kimia setara (cari dari berbagai sumber informasi dengan dipandu guru)
	Reaksi pembakaran tidak sempurna: $3\ C_xH_y\ (g) + (\frac{3}{2}x + \frac{3}{4}y)\ O_2\ (g) \rightarrow x\ CO_2\ (g) + \frac{3}{2}y\ H_2O\ (l) + x\ CO\ (g) + x\ C\ (s)$
	Hal yang tidak sesuai dengan prinsip kimia hijau
	Proses pembakaran tak sempurna melepaskan gas CO_2 sebagai gas rumah kaca yang menyebabkan peningkatan suhu bumi, dan gas karbon monoksida (CO) yang berbahaya bagi kesehatan.
	Tindakan sebagai solusi penerapan prinsip kimia hijau
	Pilah sampah plastik dari sampah organik. Sampah plastik didaur ulang menjadi pot tanaman, sedangkan sampah organik dijadikan kompos.

Silakan Kalian lanjutkan dengan berpikir kritis dan kreatif.

Tindakan sebagai solusi penerapan prinsip kimia hijau:

(1) Pilah sampah plastik dari sampah organik. Sampah plastik didaur ulang menjadi pot tanaman, sedangkan sampah organik dijadikan kompos.

(2) Membuat bank sampah sehingga sampah dari setiap rumah dapat dipilah-pilah lebih dahulu lalu diberikan ke bank sampah. Sampah yang diberikan dapat ditukar dengan barang kebutuhan sehari-hari disesuaikan dengan jenis dan jumlah sampah yang ditukar.

(3) Sampah dapur berupa limbah kulit buah dan sayuran dapat diolah menjadi ecoenzyme. Ecoenzyme dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair sekaligus pembasmi hama yang alami dan ramah lingkungan.

3.4. Menciptakan Kegiatan yang Mendukung Prinsip Kimia Hijau.

Salah satu peran kimia hijau adalah mendukung 17 agenda pembangunan berkelanjutan hingga tahun 2030 yang dicanangkan PBB. Ke-17 agenda tersebut dapat Kalian simak pada **Gambar 3.8**.

Gambar 3.8 Agenda pembangunan berkelanjutan 2030 PBB
Sumber: un.org/United Nations (2020)

Dari ke-17 agenda tersebut, prinsip kimia hijau terintegrasi dalam tiga agenda pembangunan berkelanjutan 2030 yaitu agenda nomor 3, 6, 7, 13, 14, dan 15. Hidup sehat dan sejahtera bagi semua manusia di bumi tentu karena lingkungan yang aman dan bebas bahan-bahan berbahaya.

Prinsip nomor 7 dari kimia hijau adalah penggunaan sumber energi yang dapat diperbaharui. Indonesia telah berupaya untuk menerapkan prinsip ini yaitu dengan cara mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil untuk menjaga kelestarian lingkungan. Dalam hal ini Presiden Joko Widodo mengakselerasi penerapan Biosolar 30 (B30) yang dimulai pada penghujung tahun 2019. Kini pemerintah melalui Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) resmi mengimplementasi B30 di Indonesia. Biosolar B30 sebagai bahan bakar nabati untuk mesin atau motor disel adalah lanjutan dari Biosolar 20. Mari lakukan aktivitas kerja ilmiah berikut sebagai contoh penerapan prinsip kimia hijau di sekitar Kalian.

Gambar 3.9. Biosolar B30
Sumber: Kemendikbudristek/ Wahyu Putri N. (2021)

Literasi

HOTS
- Analisis
- Evaluasi
- Sintesis

SIKAP
- Mandiri
- Kritis, kreatif
- Gotong royong

Petunjuk melakukan Aktivitas Proyek:

1. Carilah informasi dari berbagai sumber tentang biosolar B30. Catatlah sumber referensi yang Kalian baca. Ini adalah salah satu sikap jujur dan menghargai karya orang lain.
2. Analisis sumber informasi yang telah Kalian peroleh untuk menjawab pertanyaan berikut:
   a) Bagaimana biosolar B30 dibuat?
   b) Bagaimana perbandingannya dengan sumber energi nonbio?
   c) Apakah biosolar B30 mendukung prinsip kimia hijau?
4. Kumpulkan, olah, analisis, simpulkan data informasi dari berbagai sumber tentang sumber energi terbarukan lainnya, lalu komunikasikan dalam bentuk infografis, tiktok, video singkat, atau bentuk lainnya. Postinglah informasi tersebut di akun media sosial Kalian masing-masing (Instagram, Facebook, Line, atau lainnya). Hal ini akan mengedukasi pembaca atau penonton untuk mengenal dan mendukung prinsip kimia hijau.
5. Lakukan dengan sikap
   - jujur, objektif,
   - kritis,
   - kreatif,
   - mandiri,
   - inovatif, dan
   - bergotong royong sebagai insan dalam masyarakat global.

Isilah formulir evaluasi diri pada **Tabel 3.3** berikut dengan cara memberi tanda centang pada kolom yang Kalian pilih.

Tabel 3.3. Formulir evaluasi diri pembelajaran kimia hijau.

No	Pertanyaan	4 Sangat baik	3 Baik	2 Cukup baik	1 Kurang baik
1	Tertarik terhadap prinsip kimia hijau.				
2	Merasakan manfaat prinsip kimia hijau.				
3	Sudah menerapkan prinsip kimia hijau selama ini.				
4	Mengajak orang-orang di dalam rumah dan sekitar rumah Kalian untuk menerapkan prinsip kimia hijau.				

Score=

X ≥ 13 (Sangat baik)

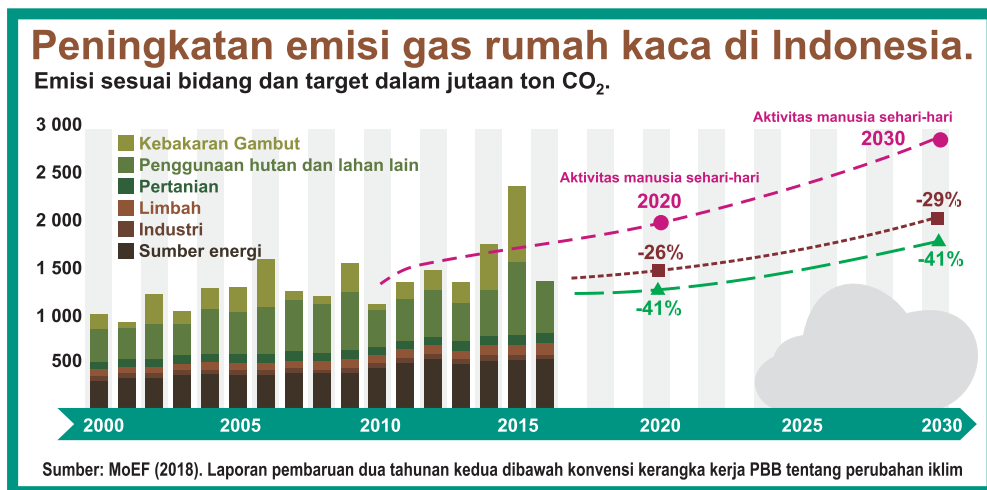
9 < X ≤ 12 (baik)

5 < X ≤ 8 (cukup baik)

X ≤ 4 (kurang baik)

Kami akan melakukan kimia yang terbaik yaitu kimia hijau untuk lingkungan hijau.

Komunitas hijau - Anonim.

SOAL 1.

Gambar 3.10. Emisi gas rumah kaca Indonesia dari tahun ke tahun

Sumber: oecd.org/MoEF (2018)

Analisis grafik pada **Gambar 3.10** di atas, prinsip kimia hijau yang manakah yang harus dipenuhi untuk mencegah peningkatan gas rumah kaca di Indonesia dari tahun ke tahun? Sarankan upaya apa saja yang harus dilakukan oleh ke-6 sektor yang tertera pada Gambar tersebut.

SOAL 2.

Nyatakan Benar atau Salah Pernyataan-pernyataan berikut beserta alasan kenapa Kalian menjawab demikian.

a) Tidak semua reaksi kimia menghasilkan zat-zat yang berbahaya. Contohnya adalah penggunaan soda kue dalam proses memanggang adonan roti. Gas karbondioksida yang dihasilkan akan membuat roti menjadi empuk dan enak disantap.

b) Reaksi kimia pembakaran tak sempurna misalnya membakar sampah di udara terbuka tidak akan mencemari lingkungan karena menghasilkan gas karbonmonoksida yang aman bagi makhluk hidup.

c) Biosolar B-30 adalah salah satu upaya pemerintah untuk menerapkan prinsip kimia hijau yaitu menggunakan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan.

Pengayaan

Pelajari infografis pada **Gambar 3.11**. Gambar ini memuat hal-hal yang terkait konservasi laut dalam mendukung agenda pembangunan berkelanjutan 2030. Hal-hal manakah yang paling berkaitan dengan prinsip-prinsip kimia hijau? Lakukan analisis, apa akibatnya bila hal-hal yang tidak sesuai dengan prinsip kimia hijau tersebut dibiarkan terus terjadi.. Jelaskan akibat terhadap perekonomian, kelestarian lingkungan dan sosial.

Gambar 3.11. Penerapan prinsip kimia hijau pada ekosistem laut.
Sumber: un.org/United Nations (2020)

Ulasan terhadap infografis pada **Gambar 3.11** menurut pendapat saya:

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI REPUBLIK INDONESIA, 2021

Ilmu Pengetahuan Alam
untuk SMA Kelas X

Penulis: Ayuk Ratna Puspaningsih, Elizabeth Tjahjadarmawan, Niken Resminingpuri Krisdianti
ISBN: 978-602-244-380-3

Bab 4 Hukum Dasar Kimia di Sekitar Kita

Sumber: Flicker.com/Ken Kohl (2013)

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Bab ini, Kalian dapat

1) mendeskripsikan ciri-ciri reaksi kimia,
2) mendeskripsikan jenis-jenis reaksi kimia,
3) mendeskripsikan cara menuliskan persamaan reaksi kimia yang setara,
4) menganalisis konsep dan hitungan empat hukum dasar kimia (hukum Lavoisier, hukum Proust, hukum Dalton, dan hukum Gay Lussac), dan
5) menerapkan hukum dasar kimia untuk menyelesaikan kasus dalam kehidupan sehari-hari.

Kata Kunci

- Ciri-ciri reaksi kimia
- Reaksi Kimia
- Persamaan Reaksi Kimia
- Reaksi pembakaran
- Flogiston
- Hukum Dasar Kimia
- Hukum Lavoisier
- Hukum Proust
- Hukum Dalton
- Hukum Gay Lussac
- Konsep mol
- Bilangan Avogadro
- Ar dan Mr
- Perhitungan Hukum Dasar Kimia

Gambar 4.1. Tanah rawa disulap menjadi hamparan padi.
Sumber: Pertanian.go.id/BALITTRA (2019)

Indonesia kaya akan hamparan sawah yang terlihat hijau meneduhkan mata. Sawah ditanami padi sebagai salah satu upaya ketahanan pangan nasional dan dunia. Nah salah satu lahan yang dijadikan sawah itu ternyata merupakan daerah rawa pasang surut.

Percayakah Kalian? Salah satu media massa menyebutkan bahwa pada tahun 2018 Provinsi Kalimantan Selatan, tepatnya Kabupaten Barito Kuala, Kecamatan Jejangkit, Desa Jejangkit Muara, mengubah lahan rawa pasang surut menjadi lahan padi.

Lahan rawa ini sudah 15 tahun dibiarkan terlantar. Semak belukar menutupi tanah yang becek, lembab, warna air kecoklatan, dan keasaman tanah mencapai pH 2-3. Langkah yang dilakukan agar lahan rawa menjadi produktif adalah menebas semak-semaknya, meratakan tanahnya dengan traktor, membuat tanggul, saluran dan pintu air lalu menetralkan keasaman tanah dengan kapur dolomit. Rumus kimia kapur dolomit yaitu $MgCO_3.CaCO_3$. Petani yang tadinya tidak berminat menanam padi akhirnya bersemangat untuk menjadikan lahan barunya menjadi produktif.

Keunikan panen padi di lahan bekas rawa umumnya berlangsung pada musim kemarau sehingga menjadi ketahanan pangan justru di masa paceklik. Ketahanan pangan adalah salah satu agenda pembangunan berkelanjutan (*sustainability development goals*) PBB hingga tahun 2030 yaitu agenda nomor dua.

Sumber: http://balittra.litbang.pertanian.go.id/index.php/berita/info-aktual/2330-bangkitnya-lahan-rawa

Berdasarkan artikel tersebut mengapa tanah rawa yang sangat asam akhirnya bisa ditanami padi? Adakah reaksi kimia yang terjadi? Reaksi kimia apakah itu? Berapa banyak kapur dolomit yang dapat ditambahkan? Bagaimana cara menghitungnya? Pertanyaan apa lagi yang ingin Kalian ajukan terkait artikel ini?

4.1. Ciri-ciri, Jenis, dan Cara Menuliskan Reaksi Kimia.

Halo Pelajar Pancasila, pada Bab 3 Kalian telah mengenal reaksi kimia dalam kehidupan sehari-hari terkait pelestarian lingkungan serta cara menulis persamaan reaksinya. Ayo mengingat kembali cara menulis persamaan reaksi kimia. Pospor (P_4) padat dan gas oksigen (O_2) dapat bereaksi secara spontan menghasilkan gas difosfor pentaoksida (P_2O_5) disertai cahaya yang sangat terang. Bagaimana menuliskan reaksi yang terjadi dengan cara yang benar? Ayo tulis jawaban lalu diskusikan di kelas.

Reaksi kimia menjadi bagian dalam kehidupan. Bagaimana kita mengetahui bahwa telah terjadi reaksi kimia? Apa dan bagaimana ciri terjadinya reaksi kimia? Diskusikan dalam kelompok lalu prediksilah ciri terjadinya reaksi kimia menurut pendapat Kalian.

Dari semua jawaban yang telah Kalian tulis, ayo kembangkan keingintahuan Kalian dengan melakukan **Aktivitas 4.1** berikut.

Aktivitas 4.1

Keterampilan berpikir ilmiah:
- Observasi
- Mengorganisasi
- Membandingkan
- Menyimpulkan

Sikap:
- Kritis, kreatif
- Mandiri
- Gotong royong
- Jujur

Ciri-ciri Reaksi Kimia

- Lakukan pendataan terkait kegiatan/kejadian yang pernah diamati/ berita yang pernah dibaca/dilihat pada setiap topik reaksi kimia berikut.
- Bandingkan fakta dan apa yang tertulis dari sumber informasi. Tulislah pada kolom yang tersedia.
- Berilah kesimpulan tentang ciri-ciri reaksi kimia yang Kalian peroleh.

1 Reaksi Pembakaran	4 Reaksi Pengendapan
Kegiatan yang pernah dilakukan/ kejadian/berita yang pernah diamati terkait reaksi ini:	Kegiatan yang pernah dilakukan/ kejadian/berita yang pernah diamati terkait reaksi ini:
Hasil pengamatan:	Hasil pengamatan:
2 Reaksi Perkaratan	**5 Reaksi Pembusukan**
Kegiatan yang pernah dilakukan/ kejadian/berita yang pernah diamati terkait reaksi ini:	Kegiatan yang pernah dilakukan/ kejadian/berita yang pernah diamati terkait reaksi ini:
Hasil pengamatan:	Hasil pengamatan:
3 Reaksi Fermentasi	**6 Kesimpulan**
Kegiatan yang pernah dilakukan/ kejadian/berita yang pernah diamati terkait reaksi ini:	
Hasil pengamatan:	

Setelah melakukan **Aktivitas 4.1** maka Kalian dapat mencocokkan jawaban Kalian dengan keterangan pada infografis **Gambar 4.2**. Infografis ini memuat salah satu contoh dari setiap ciri, jenis, dan persamaan reaksi kimianya.

APA DAN BAGAIMANA CONTOH CIRI, JENIS, DAN PERSAMAAN REAKSI KIMIA

Sumber: Canva Free/Nickgesell

PERUBAHAN PANAS dan CAHAYA

Reaksi Pembakaran

Pernahkah kalian bermain kembang api? kembang api terbuat dari fosfor (P_4). Sifat fosfor (P_4) sangat reaktif sehingga saat bertemu gas oksigen (O_2) langsung bereaksi menghasilkan panas dan cahaya terang.

Persamaan umum reaksi kimia setara:

$$1\ P_4\ (s) + 5\ O_2\ (g) \rightarrow 2\ P_2O_5\ (g)$$

Sumber: Kemendikbudristek/Elizabeth T

PERUBAHAN WARNA

Reaksi Perkaratan / Korosi

Apa yang terjadi saat besi terus-menerus terkena air dan udara yang mengandung gas oksigen (O_2)?. Timbul **lapisan tipis berwarna kemerahan ($Fe_2O_3.xH_2O$)** pada permukaan besi. Inilah reaksi perkaratan atau korosi.

Persamaan umum reaksi kimia setara:

$$4\ Fe\ (s) + 3\ O_2\ (g) + 2xH_2O\ (l) \rightarrow 2\ Fe_2O_3.xH_2O\ (s)$$

Sumber: Kemendikbudristek/Elizabeth T

PEMBENTUKAN GAS

Reaksi Fermentasi Anaerob

Apa yang terjadi jika Kalian mencampur sisa-sisa kulit buah dalam air cucian beras kemudian diberi sedikit gula pasir/gula merah lalu disimpan dalam wadah yang tertutup rapat (kedap udara) selama beberapa hari? Reaksi kimia terjadi ditandai dengan timbulnya gelembung gas (CO_2) dalam botol.

Persamaan umum reaksi kimia setara:

$$C_6H_{12}O_6\ (l) \rightarrow 2\ C_2H_5OH\ (l) + 2\ CO_2\ (g)$$

Sumber: Kemendikbudristek/Elizabeth T

PEMBENTUKAN ENDAPAN

Reaksi Pengendapan

Jika kapur sirih direndam dalam air kemudian air hasil rendaman direaksikan dengan serbuk soda kue maka akan terbentuk **endapan berwarna putih** ($CaCO_3$).

Persamaan umum reaksi kimia setara:

$$Ca(OH)_2\ (aq) + NaHCO_3\ (s) \rightarrow CaCO_3\ (s) + NaOH\ (aq) + H_2O\ (l)$$

Sumber: Kemendikbudristek/Elizabeth T

PEMBENTUKAN GAS

Reaksi Pembusukan

Pembusukan sampah organik (tanaman dan hewan) oleh bakteri desulfovibria atau desulfuromonas menghasilkan gas berbau seperti telur busuk yaitu H_2S.

Persamaan umum reaksi kimia setara:

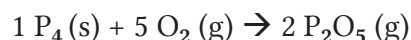
$$2\ CH_2O\ (g) + 2\ H^+\ (aq) + SO_4^{2-}\ (aq) \rightarrow H_2S\ (g) + 2\ CO_2\ (g) + 2\ H_2O\ (l)$$

Ciri- ciri reaksi kimia merupakan perubahan kimia yang menghasilkan zat-zat baru yang memiliki sifat berbeda dari sifat zat asalnya

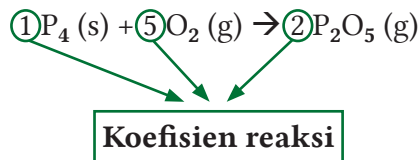
Gambar 4.2. Ciri, jenis, dan persamaan reaksi kimia.

Keempat ciri reaksi kimia itu adalah reaksi perubahan energi panas atau cahaya, perubahan warna, pembentukan endapan, dan pembentukan gas. Mari kita bahas satu-persatu ciri-ciri reaksi kimianya.

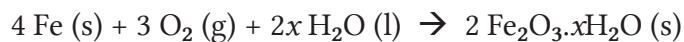
Yang pertama adalah **perubahan energi panas dan cahaya**. Salah satu contohnya adalah reaksi pembakaran. Pengertian reaksi pembakaran yaitu reaksi antara bahan kimia dengan gas oksigen. Contoh reaksi pembakaran misalnya pembakaran fosfor (P_4) sebagai bahan pembuat kembang api. Sifat fosfor (P_4) sangat reaktif sehingga saat bertemu gas oksigen (O_2) langsung bereaksi menghasilkan panas dan cahaya terang. Mari kita lihat persamaan reaksi pembakaran fosfor.

$$1\ P_4\ (s) + 5\ O_2\ (g) \rightarrow 2\ P_2O_5\ (g)$$

Persamaan reaksi kimia pembakaran fosfor tersebut belumlah setara karena jumlah atom-atom sejenis di sebelah kiri maupun sebelah kanan tanda panah tidak sama. Atom P di sebelah kiri tanda panah berjumlah

empat, sedangkan di sebelah kanan berjumlah dua. Atom O di sebelah kiri tanda panah ada dua sedangkan di sebelah kanan ada lima. Tidak sama bukan?

Bila akan menuliskan persamaan reaksi setara, pastikan jumlah atom-atom sebelum dan sesudah reaksi sama. Untuk itu kita dapat memberi koefisien reaksi yaitu angka yang terletak di depan setiap zat. Yang boleh kita ubah adalah koefisien reaksi namun rumus molekul tidak boleh berubah. Manakah koefisien reaksi? Perhatikan persamaan reaksi berikut.

Setelah menambahkan koefisien reaksi maka jumlah atom P baik di sebelah kiri maupun di sebelah kanan ada empat sedangkan jumlah atom O sebanyak sepuluh. Inilah yang disebut persamaan reaksi kimia setara yang sudah pernah dibahas pada Bab 3 terdahulu.

Ciri kedua adalah **perubahan warna**. Keadaan ini dijumpai misalnya pada reaksi perkaratan atau korosi pada benda yang terbuat dari besi. Sama ketentuannya dalam menulis persamaan reaksi kimia setara maka persamaan reaksi perkaratan pada besi adalah karena besi (Fe) bereaksi dengan gas Oksigen (O_2) dan air (H_2O) menghasilkan lapisan karat yang tipis dan berwarna kemerahan yaitu $Fe_2O_3.xH_2O$. Persamaan reaksi kimia setara ditulis sebagai berikut.

$$4\ Fe\ (s) + 3\ O_2\ (g) + 2x\ H_2O\ (l) \rightarrow 2\ Fe_2O_3.xH_2O\ (s)$$

Melihat persamaan reaksi itu tentu Kalian sudah memahami yang manakah koefisien reaksi. Salah satu koefisien reaksi ditulis dengan huruf "*x*" di depan molekul H_2O. Huruf "*x*" merupakan koefisien reaksi berupa angka yang besarnya sesuai dengan masing-masing rumus kimia senyawa karat.

Pembentukan endapan sebagai ciri ketiga. Contohnya adalah endapan berwarna putih ($CaCO_3$) yang ditemui pada reaksi air kapur ($Ca(OH)_2$) yang ditambahkan soda kue ($NaHCO_3$) ke dalamnya. Persamaan reaksi kimia lengkapnya adalah sebagai berikut.

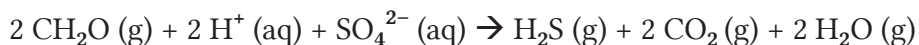
$$Ca(OH)_2\ (aq) + NaHCO_3\ (s) \rightarrow CaCO_3\ (s) + NaOH\ (aq) + H_2O\ (l)$$

Koefisien reaksi kimia pada setiap zat dalam persamaan reaksi ini adalah satu bukan? Angka satu umumnya tidak perlu ditulis.

Ciri reaksi keempat yaitu **timbulnya gas**. Contoh reaksi kimia yang menghasilkan gas antara lain gas karbon dioksida (CO_2) yang dijumpai saat melakukan fermentasi anaerob. Reaksi seperti ini dijumpai pada pembuatan pupuk organik cair. Persamaan reaksi kimia setaranya yaitu:

$$C_6H_{12}O_6\ (l) \rightarrow 2\ C_2H_5OH\ (l) + 2\ CO_2\ (g)$$

Adapun reaksi pembusukan sampah organik dari sisa tanaman dan hewan oleh bakteri desulfovibrio atau desulfuromonas dilepaskan gas hidrogen sulfida (H_2S). Persamaan reaksi kimia yang setara ditulis sebagai berikut.

$$2\ CH_2O\ (g) + 2\ H^+\ (aq) + SO_4^{2-}\ (aq) \rightarrow H_2S\ (g) + 2\ CO_2\ (g) + 2\ H_2O\ (g)$$

Setelah memahami cara menulis persamaan reaksi kimia setara sekarang kita akan mengenal arti koefisien reaksi terhadap satuan jumlah zat. Ayo cermati intisari berikut.

Bilangan Avogadro dan Jumlah Mol

Gambar 4.3.
Amedeo Avogadro (1776-1856)
Sumber: C. Sentier (1856)

Setiap zat pada persamaan reaksi kimia memiliki jumlah zat yang sama dengan angka koefisien reaksinya. Apakah maksud jumlah zat itu? Ingat kembali tujuh besaran pokok dalam sistem internasional atau SI. Nah salah satu besaran pokok tersebut adalah jumlah zat yang mempunyai satuan mol. Jadi koefisien reaksi setara dengan jumlah mol zat tersebut. Avogadro mengemukakan hipotesisnya bahwa pada suhu dan tekanan yang sama maka volume gas-gas yang berbeda memiliki jumlah partikel yang sama.

Pada sistem SI, mol adalah banyaknya suatu zat yang mengandung partikel elementer (atom, molekul, senyawa, atau lainnya) sebanyak jumlah atom yang terdapat dalam tepat 12 gram karbon (C) bernomor atom 12. Jumlah ini disebut bilangan Avogadro (NA).

Untuk memahami konsep bilangan Avogadro dapat dianalogikan dengan ukuran lusin. Kalian tahu bukan bahwa 1 lusin sama dengan 12 buah. Jadi jika ada 1 lusin molekul maka ada 12 buah molekul. Nah lusin di sini dianggap sebagai mol. Dengan adanya bilangan Avogadro maka para ilmuwan dapat membandingkan bilangan yang sangat besar yang terdapat dalam atom dan molekul.

$N_A = 6{,}022 \times 10^{23}$ partikel yang menyusun 1 mol suatu zat

Bilangan Avogadro sangat penting untuk memahami susunan molekul serta interaksi dan kombinasinya. Misalnya dalam 1 molekul air (H_2O) terdiri dari 1 atom oksigen yang bergabung dengan 2 atom hidrogen maka dalam bilangan Avogadro dinyatakan bahwa dalam 1 molekul air terdapat 1 mol oksigen ($1 \times 6{,}022 \times 10^{23}$ atom O) yang bergabung dengan 2 mol hidrogen ($2 \times 6{,}022 \times 10^{23}$ atom H).

Setelah mempelajari hubungan bilangan Avogadro dan jumlah mol maka Kalian tentu bisa menjawab pertanyaan berikut. Berapakah jumlah partikel dari masing-masing atom penyusun molekul berikut:

1) $NaHCO_3$
2) CH_3COOH

Uraikan jawaban Kalian.

4.2. Empat Hukum Dasar Kimia

Setelah mempelajari ciri, jenis, dan persamaan reaksi kimia tentu Kalian sudah memahami salah satu reaksi kimia yang ada di sekitar kita misalnya reaksi pembakaran. Coba ingat kembali hal-hal yang terkait reaksi pembakaran. Tulislah pada buku catatan Kalian lalu bahaslah jawabannya bersama kawan-kawan dipandu guru Kalian.

Jawaban yang Kalian tulis adalah hasil dari pembuktian terhadap teori terkait reaksi pembakaran yang dikenal saat ini. Bagaimana membuktikannya? Ayo lakukan **Aktivitas 4.2** bersama kelompok Kalian.

Keterampilan berpikir ilmiah:

- Mengajukan pertanyaan
- Latar belakang masalah
- Mengkomunikasikan
- Analisis data
- Hipotesis
- Eksperimen
- Kesimpulan

Sikap:

- Kritis, kreatif
- Gotong royong
- Mandiri
- Jujur

Reaksi Pembakaran Logam

Tujuan percobaan:

Membuktikan teori terkait reaksi pembakaran logam

Alat dan Bahan:

1) Timbangan
2) Lilin dan korek api
3) Mangkok untuk menampung hasil pembakaran
4) Penjepit kayu
5) Pita magnesium sepanjang 6-8 cm

Cara Kerja:

1) Gunakan terlebih dahulu masker untuk menutupi hidung, kacamata pelindung, dan sarung tangan.
2) Timbanglah massa pita magnesium lalu catatlah hasilnya.
3) Timbanglah mangkok kosong untuk menampung hasil pembakaran lalu catatlah hasilnya.
4) Jepitlah pita magnesium dengan penjepit kayu.
5) Bakarlah di atas nyala lilin.
6) Tampunglah abu hasil pembakaran ke dalam mangkok (tampung semua, jangan sampai ada yang tercecer).

7) Timbang kembali abu hasil pembakaran bersama mangkoknya lalu catatlah hasilnya.
8) Tulislah semua hasil percobaan pada **Tabel 4.1** lalu analisislah datanya.
10) Buatlah kesimpulan dari hasil percobaan Kalian.
11) Komunikasikan hasil percobaan Kalian dalam diskusi kelas.

Tabel 4.1. Hasil pengamatan percobaan reaksi pembakaran logam.

Massa pita Mg (g) = a	
Massa mangkok (g) = x	
Massa mangkok + abu hasil pembakaran (g) = y	
Massa abu hasil pembakaran (g) = y − x	
Massa sebelum pita Mg dibakar = a	
Dari manakah pertambahan massa setelah reaksi pembakaran?	
Persamaan reaksi kimia pembakaran pita mangnesium (Mg) dengan gas Oksigen (O_2) menghasilkan abu magnesium oksida (MgO)	
Kesimpulan	

Hasil percobaan dan kesimpulan yang sudah Kalian dapatkan itu adalah konsep reaksi pembakaran yang pernah dilakukan oleh ilmuwan bernama Robert Boyle. Meskipun terkenal dengan hukum Boyle yang membahas tentang gas, Boyle juga melakukan percobaan membakar logam magnesium. Hasil percobaan membuktikan bahwa massa hasil pembakaran (magnesium oksida) lebih besar ketimbang massa logam magnesium sebelum dibakar.

Selanjutnya Boyle meminta rekannya yang bernama Mikhail Lomonosov untuk mengulangi percobaan tersebut. Ternyata hasil percobaan sama dengan hasil yang sudah Boyle lakukan. Oleh karena itu pada tahun 1753 Lomonosov menyatakan bahwa teori flogiston salah. Apakah teori flogiston itu? Apakah hubungannya dengan percobaan yang dilakukan Boyle?

Sebelum orang mengenal teori yang benar terkait reaksi pembakaran saat ini ternyata ada teori yang dipercayai oleh para ilmuwan pada masa itu selama lebih dari 100 tahun. Teori yang dimaksud adalah teori flogiston. Bagaimana selanjutnya? Mari analisis bacaan pada bagian intisari berikut untuk memahami sejarah perkembangan teori terkait reaksi pembakaran.

Gambar 4.4.
Johann Joachim Becher (1635-1682)
Sumber: Saburchill.com/Sochi

Sejarah awal Teori Flogiston

Pada tahun 1669, Johann Joachim Becher seorang ilmuwan kimia Jerman mencetuskan idenya tentang pembakaran logam. Hal ini menjadi dasar munculnya teori flogiston. Becher beralasan bahwa bahan yang terbakar harus mengandung komponen yang mudah terbakar yaitu elemen api (*terra pinguis*). Pandangan Becher ini memperbaharui prinsip kimia sebelumnya yang menyatakan bahwa bahan terdiri dari proporsi yang berbeda dari empat elemen baik tanah, udara, api, dan air. Dalam teori Becher disebutkan bahwa benda mudah terbakar karena hanya terdapat elemen api (*terra pinguis*). Selama pembakaran, komponen ini dilepaskan ke udara ditandai dengan timbulnya nyala api. Selain itu dinyatakan bahwa tedapat residu misalnya abu kayu yang memiliki massa lebih ringan dari bahan aslinya. Demikian pula saat memanaskan logam di udara akan dihasilkan *calx* yang lebih ringan dari logam. Hal ini adalah bukti bahwa ada sesuatu yang hilang.

Pada pertengahan abad ke-18, masalah paling penting dalam ilmu kimia dan fisika adalah menentukan apa yang sebenarnya terjadi ketika sesuatu terbakar. Saat itu gas Oksigen belum ditemukan. Tepatnya pada tahun 1703, Georg Ernst Stahl, seorang ilmuwan kimia Jerman, mengembangkan teori Becher. Ia mengemukakan istilah flogiston yang sebelumnya dikenal dengan nama *terra pinguis*. Dalam bahasa Yunani *flogiston* berarti terbakar. Adapun teori Stahl mencakup ide-ide berikut:

1) Semua zat yang mudah terbakar mengandung flogiston.
2) Semakin banyak flogiston yang dikandung suatu zat, semakin baik dan lebih sempurna ia terbakar.
3) Pembakaran melepaskan flogiston dari zat ke udara.
4) Nyala api menunjukkan lepasnya flogiston dengan cepat.
5) Udara diperlukan untuk pembakaran karena menyerap flogiston yang keluar.

Gambar 4.5.
Georg Ernst Stahl
(1660–1734)
Sumber: Portraitindex.de/DDK Marburg

6) Pembakaran dalam wadah tertutup segera terhenti, karena udara di dalamnya menjadi jenuh dengan flogiston.
7) Udara diperlukan untuk bernapas. Makhluk yang ditempatkan dalam wadah tertutup mati karena udara tidak dapat lagi menyerap flogiston, sehingga tidak dapat lagi menopang kehidupan.
8) Residu atau abu yang tertinggal setelah pembakaran disebut *calx*.
9) Massa *calx* lebih ringan dari bahan sebelum dibakar.

Teori flogiston memang menjelaskan banyak karakteristik terkait pembakaran namun ternyata saat melakukan pembakaran logam justru hal yang sebaliknya terjadi. Akhirnya teori ini dipatahkan karena ternyata jika logam dibakar massanya justru bertambah.

Sumber: *https://edu.rsc.org/feature/the-logic-of-phlogiston/2000126.article*

Setelah menganalisis informasi pada intisari tersebut maka kesimpulan apakah yang Kalian peroleh terkait teori flogiston? Tuliskan jawabannya pada buku catatan lalu diskusikan dalam kelas bersama guru Kalian.

Lalu bagaimana kelanjutannya? Pada tahun 1774, Joseph Priestley seorang ilmuwan berusaha membuktikan kebenaran teori flogiston dengan cara membakar logam merkuri. Hasil pembakaran berupa senyawa merkuri oksida yang kemudian dipanaskan lagi. Hasil pembakarannya adalah gas yang dinamai oleh Priestley yaitu *deplogisticated* gas yang sifatnya berbeda dari senyawa sebelumnya. Kendati demikian Priestly belum berhasil memahami hasil temuannya.

Hukum Kekekalan Massa (Hukum Lavoisier)

Pada tahun 1780-an, seorang ilmuwan Prancis Antoine Laviosier yang dikenal sebagai bapak kimia modern menyangkal keberadaan flogiston. Ia melakukan eksperimen dengan cara menggunakan *deplogisticated* gas hasil temuan Joseph Priestley. Antoine Lavoisier menamai *deplogisticated* gas sebagai gas oksigen. Laviosier menunjukkan bahwa proses pembakaran membutuhkan oksigen yaitu gas dengan massa tertentu yang dapat diukur dengan menimbang wadah tertutup. Oksigen terlibat dalam reaksi pembakaran. Kesimpulan dari eksperimennya menyatakan bahwa zat bernama flogiston dalam proses pembakaran itu tidak pernah ada. Mengapa? karena terbakarnya sebuah benda itu terjadi apabila oksigen bertemu dengan bahan yang terbakar.

Nah berdasarkan ulasan sejarah perkembangan teori terkait pembakaran maka bagaimana perbedaan teori flogiston terhadap teori terkait pembakaran yang dikenal saat ini? Diskusikan dalam kelompok lalu jawablah pertanyaan berikut.

Lingkari jawaban yang paling tepat.

- ✓ Menurut teori flogiston pada reaksi pembakaran maka flogiston.......... (diambil/dilepaskan)
- ✓ Menurut teori terkait reaksi pembakaran yang dikemukakan Lavoisier maka oksigen......... (diambil/dilepaskan) saat pembakaran untuk membentuk oksida.

Terkait perhitungan pada eksperimen Lavoisier ternyata gabungan massa merkuri dan oksigen sama dengan massa merkuri oksida. Berkat temuannya ini Lavoisier menjadi orang pertama yang mencetuskan prinsip kekekalan massa dalam reaksi kimia. Menurutnya reaksi kimia dapat menyusun ulang unsur-unsur yang ada dalam zat-zat yang bereaksi, tetapi tidak menghancurkan massa yang terlibat dalam reaksi tersebut. Jadi massa zat tidak bisa diciptakan maupun dimusnahkan. Hasil akhir reaksi menyatakan bahwa dalam ruang tertutup maka zat-zat akan memiliki

massa yang sama dengan zat-zat penyusunnya. Inilah yang disebut **Hukum kekekalan massa**. Bagaimana perhitungannya? Ayo perhatikan contoh berikut.

Contoh

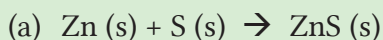
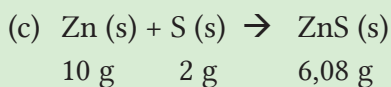
Seorang siswa memanaskan 10 gram serbuk Zn dengan 2 gram serbuk belerang (S). Hasil percobaan menunjukkan bahwa terbentuk endapan hitam ZnS sebanyak 6,08 gram dan sisa serbuk Zn yang tidak bereaksi adalah 5,92 gram.

a) Tulislah persamaan reaksi kimia setara yang terjadi.
b) Ciri-ciri reaksi kimia yang manakah yang tepat untuk kasus ini?
c) Kesimpulan apakah yang Kalian peroleh?

Pembahasan:

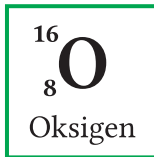
(a) Zn (s) + S (s) → ZnS (s)

(b) Perubahan warna

(c) Zn (s) + S (s) → ZnS (s)
10 g 2 g 6,08 g

Sisa Zn adalah 5,92 g maka Zn yang bereaksi adalah (10 − 5,92) = 4,08 g
Massa zat sebelum bereaksi = (4,08 + 2) g = 6,08 g
Massa zat sesudah bereaksi = 6,08

Kesimpulan: dalam ruang tertutup maka massa zat baik sebelum dan sesudah reaksi adalah sama.

Penemuan Lavoisier terhadap hukum kekekalan massa membawa revolusi kimia tentang pentingnya suatu pengukuran. Setelah Lavoisier mengemukakan hukum kekekalan massa yang ditulis dalam bukunya *Traite Elementaire de Chimie* maka ahli-ahli kimia mulai terinspirasi untuk menyelidiki aspek kuantitatif dari reaksi kimia. Dengan demikian lahirlah hukum kimia berikutnya yaitu **hukum perbandingan tetap**.

Sebelum membahas hukum selanjutnya ayo mengingat kembali materi pada bab 3 bahwa setiap unsur memiliki nomor atom dan nomor massanya masing-masing. Apa arti nomor atom dan nomor massa? Perhatikan lambang unsur oksigen berikut.

Berilah penjelasan pada masing-masing angka yang tercantum pada lambang unsur oksigen. Manakah yang merupakan nomor atom dan nomor massa? Diskusikan dalam kelas dan simpulkan bersama.

Perhatikan tabel periodik unsur yang ada pada bab 3. Carilah unsur-unsur dengan nomor atom yang berbeda lalu tulislah lambang unsurnya, nomor atom, dan nomor massa beserta artinya masing-masing. Diskusikan dalam kelompok dan tulis jawaban pada buku catatan.

Telah kita ketahui bahwa nomor massa suatu atom merupakan jumlah proton dan neutron dalam inti atom. Lalu bagaimana dengan jumlah elektron? Dalam hal ini jumlah elektron diabaikan karena memiliki massa yang jauh lebih kecil dari proton dan neutron. Dengan demikian nomor massa merupakan massa atom yaitu partikel proton dan neutron. Massa partikel ini dinyatakan dalam satuan massa atom (sma) atau Dalton (Da). Lalu bagaimana sebenarnya menentukan massa atom? Apakah atom-atom itu ditimbang? Mari kita cermati ulasan berikut.

Massa atom relatif dan Massa Molekul Relatif

Atom berukuran sangat kecil sehingga kita tidak bisa menimbang sebuah atom. Meski demikian kita bisa menentukan massa atom suatu unsur dengan cara membandingkannya dengan atom unsur yang lain. Oleh karena itu diperlukan unsur yang dapat dijadikan pembanding.

Dengan demikian massa atom suatu unsur mempunyai istilah massa atom relatif yang diberi notasi Ar. Massa atom relatif merupakan massa atom rata-rata unsur tersebut terhadap 1/12 massa atom C dengan nomor

atom 12. Jadi Ar merupakan perbandingan. Dalam bentuk persamaan matematis ditulis sebagai berikut.

$$Ar = \frac{\text{massa rata-rata atom unsur X}}{\frac{1}{12}\text{ massa atom unsur C-12}}$$

Ingatlah bahwa Ar di sini sudah tidak memiliki satuan. Mengapa? Tuliskan jawabannya pada buku catatan Kalian.

Menurut Dalton, baik atom-atom sejenis maupun yang berbeda jenis dapat bergabung membentuk molekul. Nah jika demikian maka bagaimana caranya menentukan masa molekul? Dalam hal ini yang dihitung adalah massa molekul relatif yang diberi notasi Mr. Perhatikan molekul air (H_2O) yang disusun dari 2 atom H dan 1 atom O. Atom H memiliki Ar 1 sedangkan atom O mempunyai Ar 16 sehingga jika Kalian gabungkan diperoleh perhitungan berikut.

$$\begin{aligned} Mr &= 2 \times \text{Ar H} + 1 \times \text{Ar O} \\ &= 2 \times (1) + 1\ (16) \\ &= 18 \end{aligned}$$

Ayo Berlatih

Bagaimana Mr dari molekul soda kue ($NaHCO_3$) dan molekul asam cuka (CH_3COOH) yang data Ar-nya bisa Kalian lihat pada tabel periodik unsur. Tuliskan jawaban Kalian pada kolom ini.

(1) Mr $NaHCO_3$: ....

(2) Mr CH_3COOH : ....

Hubungan massa satu mol zat terhadap massa molekul rata-rata relatif

Terkait hubungan massa satu mol zat terhadap massa molekul relatif rata-rata zat tersebut mari kita pelajari sifat lain dari bilangan Avogadro yang sudah diulas pada bagian terdahulu. Perhatikan contoh berikut.

Berapakah massa 2 mol air jika diketahui Ar H = 1 dan Ar O = 16?

Uraian jawaban

Massa molekul relatif rata-rata dari air (H_2O) dihitung sebagai berikut.

$$\text{Mr } H_2O = 2 \times \text{Ar H} + 1 \times \text{Ar O}$$
$$= 2 \times 1 + 1 \times 16 = 18 \text{ (tanpa satuan)}$$

Maka massa satu mol air adalah 18 gram.

Jadi massa 2 mol air adalah 2 × 18 = 36 gram.

Berapakah jumlah mol dari 138 gram C_2H_5OH jika diketahui bahwa Ar H=1; Ar C=12; Ar O =16.

Uraian jawaban

$$\text{Mr } C_2H_5OH = 2 \times \text{Ar C} + 6 \times \text{Ar H} + 1 \times \text{Ar O}$$
$$= 2 \times 12 + 6 \times 1 + 1 \times 16 = 46 \text{ (tanpa satuan)}$$

Jika massa satu mol C_2H_5OH adalah 46 gram maka **sebanyak 138 gram C_2H_5OH adalah 3 mol**.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa:

1 mol zat setara dengan Ar atau Mr zat

Hukum Perbandingan Tetap (Hukum Proust)

Setelah mengingat kembali massa atom mari kita mempelajari hukum dasar kimia selanjutnya yaitu **Hukum perbandingan tetap** yang dikemukakan oleh Joseph Proust. Hukum ini lahir dari eksperimen terhadap air yang massa atom hidrogen dan massa atom oksigennya diubah-ubah. Jika 9 gram air terurai maka akan diperoleh 1 gram hidrogen dan 8 gram oksigen. Jika 18 gram air diuraikan maka akan dihasilkan 2 gram hidrogen dan 16 gram oksigen. Demikian juga jika 2 gram hidrogen dicampur dengan 8 gram oksigen lalu campuran dibakar maka didapatkan 9 gram air dan sisa hidrogen yang tidak bereaksi sebesar 1 gram. Hasil eksperimen Proust menyatakan bahwa pada berbagai massa hidrogen dan massa oksigen yang bereaksi maka perbandingan massa atom H terhadap massa atom O selalu 1 : 8.

Apakah Kalian sudah memahami konsep perhitungannya? Mari berlatih sejenak. Karbon dioksida terdiri dari satu atom karbon dan dua atom oksigen. Jika massa atom karbon adalah 12 dan massa oksigen adalah 32 maka berapa perbandingan massa atom karbon terhadap oksigen? Tulislah jawaban pada buku catatan lalu diskusikan bersama teman dan guru Kalian. Lebih jauh lagi ayo perhatikan contoh perhitungan berikut.

Sebanyak 2,8 gram kalsium oksida dihasilkan dari pemanasan batu kapur yang mengandung 0,8 gram oksigen. Saat 1 gram oksigen direaksikan dengan kalsium maka 3,5 gram kalsium oksida diperoleh. Buktikan bahwa keadaan ini memenuhi hukum perbandingan tetap.

Pembahasan

Percobaan	Massa kalsium oksida (g)	Massa oksigen (g)	Massa kalsium (g)	Perbandingan kalsium : oksigen
1	2,8	0,8	2,8 - 0,8 = 2	2 : 0,8 = 2,5
2	3,5	1	3,5 - 1 = 2,5	2,5 : 1 = 2,5

Terbukti bahwa perbandingan massa unsur-unsur yang menyusun kalsium oksida yaitu unsur kalsium dan unsur oksigen berbanding sebagai bilangan bulat dan sederhana yaitu 2,5 : 2,5 = 1 : 1.

Berdasarkan keterangan yang sudah Kalian baca dan contoh perhitungannya maka diskusikan dalam kelompok bagaimana konsep hukum perbandingan tetap.

Hukum Perbandingan Berganda (Hukum Dalton)

Hukum perbandingan tetap didukung oleh teori atom Dalton. Teori yang dikemukakan oleh John Dalton ini menyatakan atom-atom sejenis membentuk unsur kimia. Unsur tidak dapat diuraikan melalui reaksi

kimia. Sedangkan senyawa kimia disusun dari unsur-unsur yang berbeda. Adapun unsur-unsur yang sama dapat menyusun lebih dari satu senyawa yang berbeda. Pada aspek kuantitatif **hukum perbandingan berganda** merupakan pengembangan hukum perbandingan tetap. Hukum ini dikemukakan oleh Dalton sehingga dikenal sebagai Hukum Dalton.

Bagaimana membuktikan hukum Dalton? Ayo perhatikan contoh ini. Unsur karbon dan unsur oksigen dapat membentuk dua jenis senyawa. Senyawa pertama adalah CO dan senyawa kedua adalah CO_2. Manakah di antara unsur-unsur tersebut yang memiliki perbandingan sama? Berapa perbandingannya? Ayo diskusikan bersama dalam kelompok.

Nah sekarang unsur manakah yang memiliki perbandingan berbeda? Berapakah perbandingannya? Tulislah pada catatan Kalian dan diskusikan. Selanjutnya lihatlah contoh berikut.

Nitrogen membentuk beberapa senyawa dengan oksigen. Pada senyawa yang disebut *gas tertawa* bahwa 2,62 gram nitrogen bergabung dengan 1,50 gram oksigen. Sementara pada senyawa polutan, sebanyak 0,655 gram nitrogen bergabung dengan 1,50 gram oksigen. Tunjukkan bahwa data-data ini menunjukkan hukum perbandingan berganda!

Pembahasan

Senyawa	Nama senyawa	Massa N (g)	Massa O (g)
1	Gas tertawa	2,62	1,50
2	Senyawa polutan	0,655	1,50

Senyawa 1: perbandingan massa N : massa O = 2,62 : 1,5
Senyawa 2: perbandingan massa N : massa O = 0,655 : 1,5

Dari kedua senyawa tersebut terlihat bahwa:
Perbandingan massa atom O senyawa 1 terhadap massa atom O senyawa 2 = 1,5 : 1,5 = 1 : 1

Perbandingan massa atom N pada senyawa 1 terhadap massa atom N senyawa 2 = 2,62 : 0,655 = 1 : 4 merupakan bilangan bulat dan sederhana.

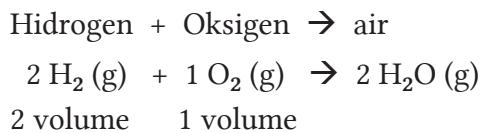
Dari contoh-contoh yang telah Kalian pelajari, ayo berlatih menyimpulkan konsep hukum perbandingan berganda.

Menurut John Dalton (1803) jika .... unsur dapat membentuk lebih dari satu senyawa dan jika massa salah satu unsur yang membentuk senyawa tersebut adalah .... maka perbandingan massa unsur yang lain dalam senyawa itu merupakan bilangan .... dan ....

Hukum Perbandingan Volume (Hukum Gay Lussac)

Perkembangan hukum dasar kimia berikutnya dikemukakan oleh **Joseph Louis Gay-Lussac (1778–1850)** ahli kimia dari Perancis. Dalam eksperimennya ia menemukan bahwa 199,89 bagian volume hidrogen dikonsumsi untuk setiap 100 bagian volume oksigen. Oleh karena itu perbandingan volume gas hidrogen terhadap gas oksigen saat membentuk uap air adalah 2 : 1 sesuai persamaan berikut.

$$\text{Hidrogen} + \text{Oksigen} \rightarrow \text{air}$$

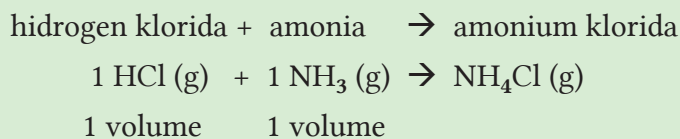
$$2\,H_2\,(g) + 1\,O_2\,(g) \rightarrow 2\,H_2O\,(g)$$

$$\text{2 volume} \qquad \text{1 volume}$$

Rasio bilangan bulat yang serupa untuk reaksi antara pasangan gas lainnya juga menjadi bagian dari penemuan Gay Lussac.

Gas hidrogen klorida (HCl) bereaksi dengan gas amonia (NH_3) dalam perbandingan volume 1 : 1 menghasilkan uap amonium klorida menurut persamaan reaksi:

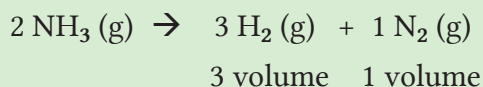
$$\text{hidrogen klorida} + \text{amonia} \rightarrow \text{amonium klorida}$$

$$1\,HCl\,(g) + 1\,NH_3\,(g) \rightarrow NH_4Cl\,(g)$$

$$\text{1 volume} \qquad \text{1 volume}$$

Gas amonia mengalami penguraian saat dipanaskan maka akan dihasilkan tiga bagian volume hidrogen dan satu bagian volume nitrogen.

Amonia → hidrogen + nitrogen

$2\ NH_3\ (g) \rightarrow 3\ H_2\ (g) + 1\ N_2\ (g)$

3 volume 1 volume

Ayo Berlatih

Berdasarkan hasil eksperimen yang dilakukan Gay Lussac coba Kalian membuat kesimpulan konsep hukum Gay-Lussac. Tulis jawaban Kalian di buku catatan lalu diskusikan dalam kelas dipandu guru Kalian.

4.3. Hukum Dasar Kimia untuk Menyelesaikan Kasus dalam Kehidupan Sehari-Hari

Berkat hukum dasar kimia yang dikemukakan para ilmuwan maka kita bisa menghitung kadar zat-zat dalam suatu reaksi kimia di sekitar kita. Ayo Kalian lakukan Proyek berikut.

Pada bagian awal bab ini Kalian sudah membaca artikel tentang bagaimana lahan rawa pasang surut diubah menjadi hamparan padi. Lahan rawa memiliki tingkat keasaman tanah yang rendah sehingga tanaman sulit tumbuh di atasnya. Oleh karena itu keasaman tanah harus dinetralkan oleh kapur, contohnya dolomit. Kebutuhan kapur per hektar lahan dapat dihitung dengan cara menentukan terlebih dahulu tingkat keasaman tanah pada keadaan awal. Tingkat keasaman ini dinyatakan dalam pH. Apakah pH itu? Sebelum mengerjakan penyelesaian kasus tersebut ayo pelajari dan analisis informasi terkait pH atau tingkat keasaman pada bagian intisari berikut.

Intisari

pH adalah ukuran untuk menyatakan tingkat keasaman dalam suatu larutan. Pada kasus ini air rawa adalah larutan. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut.

Gambar 4.6. pHmeter digital
Sumber: Kemendikburistek/Elizabeth T. (2021)

- ✓ Alat ukur untuk menentukan pH pada air rawa adalah pHmeter digital. Salah satu model pH meter disajikan pada **Gambar 4.6** disamping.
- ✓ Cara penulisan pH adalah *p* ditulis sebagai huruf kecil sedangkan *H* ditulis sebagai huruf kapital.

  H singkatan dari ion Hidrogen (H^+). Ion H adalah atom H yang melepaskan 1 elektron

  p singkatan dari Bahasa Jerman yaitu *potenz* yang artinya *power* atau kekuatan.
- ✓ Skala pH dari angka 0 hingga 14 pada nilai $K_{air} = 10^{-14}$. Skala pH tanpa satuan.
- ✓ Nilai pH 7 merupakan keadaan netral sehingga pH di bawah 7 adalah kondisi asam sementara pH di atas 7 bersifat basa.
- ✓ Tingkat keasaman dihitung berdasarkan jumlah ion hidrogen (H^+) dalam larutan. Dalam hal ini pH mengukur jumlah ion hidrogen dari suatu molekul asam yang larut di dalamnya. Pada kasus ini molekul asam dalam air rawa dianggap asam humat yang diberi notasi umum misalnya HA. Asam humat melarutkan ion hidrogen (H^+) ke dalam air rawa.
- ✓ Jumlah ion hidrogen dinyatakan dalam satuan M (molar).

  Molar merupakan konsentrasi larutan yang menyatakan jumlah mol zat yang terlarut dalam 1 liter larutan. Dalam hal ini larutan adalah air rawa. Sedangkan asam humat adalah zat yang terlarut dalam air rawa tersebut.

- ✓ Untuk memudahkan penulisan maka tingkat keasaman dinyatakan dalam bentuk logaritma basis 10 dengan persamaan berikut.

  $pH = -\log [H^+]$

  $[H^+] = 10^{-pH}$

  Misalnya jika pH = 2 maka:

  $2 = -\log [H^+]$

  $[H^+] = 10^{-2}$ M (artinya 0,01 mol ion hidrogen dalam 1 liter air rawa).

Nah sekarang Kalian bekerja dalam kelompok untuk mendiskusikan penyelesaian kasus kondisi tanah rawa sebagai berikut.

- ✓ Air rawa bersifat asam. Sifat asam disebabkan oleh molekul asam yaitu asam humat (HA). Salah satu gugus aktif dalam asam humat adalah asam karboksilat. Asam humat memiliki struktur molekul kompleks dengan massa molekul relatif tinggi yaitu 17.000. Dalam air rawa asam humat melepaskan ion hidrogennya sehingga ketika diukur pH-nya adalah 2.
- ✓ Untuk menetralkan asam humat dalam air rawa maka perlu ditambahkan kapur sebab kapur bersifat basa. Diharapkan bahwa setelah penambahan kapur maka pH air rawa menjadi 6. Senyawa $CaCO_3$ adalah kapur yang bereaksi dengan asam humat menurut persamaan reaksi kimia sebagai berikut. Persamaan reaksi ini belum setara.

  ... $CaCO_3$ (s) + ... **HA** (aq) → ... CaA_2 (aq) +.... H_2O (l) + ... CO_2 (g)

  (Persamaan reaksi ini belum setara)

Selesaikan penyetaraan persamaan reaksi pada kolom berikut.

... $CaCO_3$ (s) + ... **HA** (aq) → ... CaA_2 (aq) +.... H_2O (l) + ... CO_2 (g)

Analisislah kasus soal berikut.

Jika pH tanah pada lahan rawa pasang surut diketahui sebesar 2 maka untuk menetralkan kondisi asam pada tanah rawa berair berapa kebutuhan kapur untuk lahan seluas 1 hektar dengan kedalaman 1 meter? Untuk menjawab pertanyaan ini hitunglah tiap tahapan berikut:

Hitunglah konsentrasi ion hidrogen pada pH = 2

$pH = -\log [H^+]$

$[H^+] = 10^{-pH}$

$pH = 2 = -\log [H^+]$

$[H^+]$ = ... M

Hitunglah volume air rawa.

100 ha = 100 m × 100 m = 10.000 m^2

Volume = luas × kedalaman

= .... m^2 × 1 m = ... m^3 = ... liter

Diketahui : 1 m^3 = 1000 liter

Tulislah persamaan reaksi kimia setara antara ion karbonat (CO_3^{2-}) dengan ion hidrogen (H^+) menghasilkan air dan gas karbondioksida (CO_2).

Ingatlah bahwa koefisien reaksi kimia haruslah sudah disetarakan untuk menghitung:

a) Berapa jumlah mol $CaCO_3$? Jika diketahui Ar Ca=40; Ar C=12; Ar O=16

b) Berapa ton kapur dalam bentuk senyawa $CaCO_3$?

Kemukakan pendapat Kalian bagaimana cara melakukan penetralan air rawa yang asam melalui penambahan kapur? Silakan Kalian mencari dari berbagai sumber informasi baik dari buku atau sumber lainnya lalu diskusikan dalam kelas.

Ayo Refleksi

Setelah mempelajari bab ini ayo Kalian melakukan refleksi. Kerjakanlah evaluasi diri berupa pertanyaan terbuka berikut. Jawablah dengan jujur dan bertanggung jawab pada buku catatan Kalian.

1. Setelah mempelajari bab ini apakah Kalian sudah bisa mengidentifikasi ciri, jenis, dan persamaan reaksi kimia yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari? Berikan alasannya.
2. Setelah mempelajari bab ini apakah Kalian sudah bisa menganalisis konsep Hukum Dasar Kimia beserta uraian perhitungannya? Berikan alasannya.
3. (a) Bagian apakah yang paling menarik pada bab ini?
   Deskripsikan jawaban Kalian beserta alasannya.
   (b) Kendala apakah yang Kalian jumpai saat mempelajari bab ini?
   Tuliskan juga alasannya.
4. Hal-hal apa yang dapat Kalian terapkan dalam kehidupan sehari-hari terkait materi dalam bab ini? Deskripsikan jawaban Kalian.

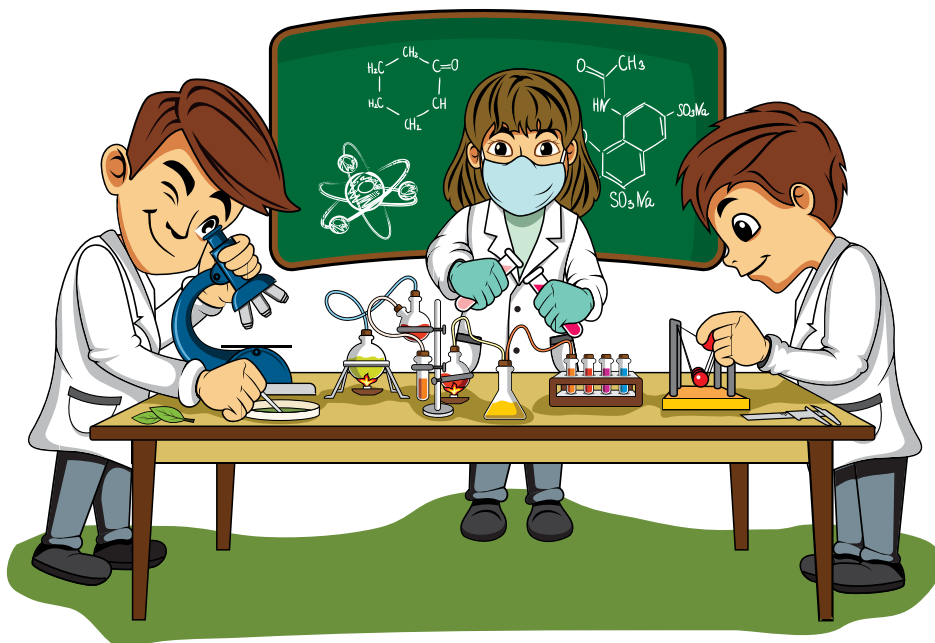
Ayo Cek Pemahaman

Logam besi murni (Fe) dihasilkan dari pengolahan tambang bijih besi yang mengandung senyawa Fe_2O_3. Dalam proses pengolahannya dibutuhkan zat reduktor salah satunya adalah gas CO (karbon monoksida). Sebagian besar pabrik menghasilkan gas CO dari pengolahan gas alam. Haruskah selalu bergantung pada gas alam sementara cadangan batubara Indonesia sangat melimpah. Oleh karena itu teknologi pembuatan gas CO beralih ke proses gasifikasi yang ramah lingkungan karena bahan bakunya adalah batubara dengan kandungan sulfurnya tinggi namun tidak meninggalkan zat pencemar. Ingat prinsip kimia hijau.

Seorang ilmuwan melakukan eksperimen pada skala laboratorium. Ia mereaksikan sejumlah padatan karbon (C) yang dibakar dengan 40 gram gas oksigen (O_2) lalu menghasilkan 64 gram gas karbon monoksida (CO). Ternyata pada akhir reaksi masih terdapat 14 gram padatan karbon (C).

	C	O_2	CO
Massa awal	.... gram	40 gram	-
Massa yang bereaksi			
Massa setelah reaksi selesai (sisa)	14 gram	0 gram	64 gram

Jawablah pertanyaan berikut dengan menelaah lebih dahulu tabel tersebut.

1) Tulislah persamaan reaksi kimia setaranya.
2) Uraikan hitungan Kalian untuk mencari berapakah massa mula-mula padatan karbon (C).
3) Hukum dasar kimia apakah yang berlaku untuk kasus soal ini? Jelaskan alasannya.

Pada bagian ini mari kita meninjau kimia lebih luas yaitu dengan mempelajari potensi dalam air laut karena kandungan zat kimianya. Mengapa laut?

Laut dan Potensinya dalam Ulasan Hukum Dasar Kimia

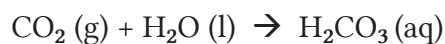
Gambar 4.7. Menatap indahnya laut
Sumber: Kemendikburistek/Elizabeth T. (2021)

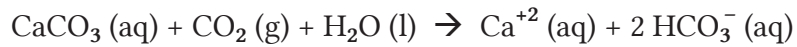
Air laut menyimpan potensi yang menarik dari aspek kimianya. Apakah itu? Senyawa garam. Garam telah memainkan peran utama dalam sejarah.Produksi garam sudah dilakukan manusia pada sekitar 800 tahun SM. Bangsa Cina telah mengambil garam dari air laut sejak 6000 tahun SM.

Tubuh manusia rata-rata mengandung 56 gram garam. Garam bisa berkurang dari tubuh karena dikeluarkan lewat air seni, keringat, dan ekskresi lainnya. Garam adalah bagian dari konsumsi manusia sehari-hari. Kekurangan garam dapat menyebabkan pusing kepala, kram, kehilangan selera makan, bahkan kematian.

Rasa asin adalah sensasi rasa yang paling mendasar. Rasa air laut mengungkapkan rasa asin. Bagaimana air laut menjadi asin? dan mengapa ion klorida adalah ion terbanyak dalam air laut? Interaksi CO_2 di atmosfer dan air menghasilkan ion hidronium dan ion bikarbonat menurut persamaan reaksi kimia berikut:

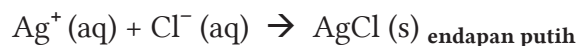
$$CO_2\,(g) + H_2O\,(l) \rightarrow H_2CO_3\,(aq)$$

$$H_2CO_3\,(aq) + H_2O\,(l) \rightarrow H_3O^+\,(aq) + HCO_3^-\,(aq)$$

Ion hidronium ini (H_3O^+) bersifat asam sehingga air hujan umumnya juga bersifat asam yang bisa perlahan-lahan melarutkan batuan gamping dan koral menghasilkan ion kalsium dan menambah ion-ion bikarbonat (HCO_3^-) menurut persamaan reaksi kimia berikut:

$$CaCO_3\ (aq) + CO_2\ (g) + H_2O\ (l) \rightarrow Ca^{+2}\ (aq) + 2\ HCO_3^-\ (aq)$$

Bagaimana ion natrium bisa berada dalam air laut? Persamaan reaksi kimia yang terjadi hampir sama dengan larutnya batuan gamping dan koral tersebut. Dalam hal ini batuan mineral albit ($NaAlSi_3O_6$) terekstrak oleh air hujan asam kemudian ion-ion natriumnya terbawa ke sungai menuju laut. Sementara itu jumlah rerata ion klorida dari batuan di kerak bumi hanya 0,01%. Jadi hanya sebagian kecil dari ion klorida di lautan yang berasal dari pelapukan batuan dan mineral. Kalau begitu dari manakah ion klorida dalam air laut? Jawabannya adalah dari gunung berapi. Gas HCl adalah komponen utama gas dari gunung berapi.

Berdasarkan sejarah terbentuknya bumi, mula-mula bumi lebih panas dan gunung berapi tersebar di mana-mana. Gas HCl yang diemisikan dari gunung berapi bersifat sangat larut dalam air sehingga mudah berubah fasa menjadi larutan HCl. Sementara ion-ion Na dari batuan yang melapuk adalah sumber garam-garaman di laut. Seandainya Kalian adalah seorang oseanografer yang ingin menentukan kadar ion klorida dalam sampel air laut, bagaimana Kalian dapat melakukan hal ini dan hasil apakah yang akan Kalian peroleh?

Ada banyak cara untuk menganalisis kandungan ion klorida dalam suatu larutan. Salah satu cara yang sudah sejak dulu dilakukan adalah metode Mohr. Larutan yang mengandung ion klorida dititrasi dengan larutan perak nitrat ($AgNO_3$) yang telah diketahui kadarnya. Persamaan reaksi kimia yang terlibat adalah:

$$Ag^+\ (aq) + Cl^-\ (aq) \rightarrow AgCl\ (s)_{\textbf{endapan putih}}$$

AgCl adalah perak klorida yang merupakan endapan putih hasil reaksi antara ion klorida dalam air laut dan larutan perak nitrat. Berdasarkan penjelasan ini maka Kalian bisa membuktikan keberadaan garam dapur dalam sampel air laut atau bahkan sampel larutan lainnya yang diduga mengandung garam NaCl dengan membuat rancangan hitungan sesuai dengan konsep Hukum Dasar Kimia. Ayo lakukan Aktivitas kerja ilmiah berikut.

Diketahui:

- ✓ Sampel air laut sebanyak 500 ml.
- ✓ Massa jenis air laut pada suhu 20°C adalah 1,02 g/cm^3.
- ✓ Kadar garam NaCl dalam air laut tersebut adalah 3,5%.
- ✓ Ternyata setelah bereaksi dengan larutan perak nitrat ($AgNO_3$) maka diperoleh cairan yang mengandung endapan putih pada bagian bawah tabung sebanyak 69,70 gram.

1) Berdasarkan konsep reaksi terbentuknya endapan AgCl berwarna putih tersebut maka berapa gram larutan $AgNO_3$ yang diperlukan untuk bereaksi dengan air laut? Diskusikan dalam kelompok lalu uraikan perhitungan Kalian.
2) Tulislah persamaan reaksi kimia yang terlibat.
3) Karakteristik reaksi kimia yang manakah pada kasus ini?
4) Lakukan tahapan perhitungan untuk menjawab pertanyaan ini:
   - massa air laut = ... gram
   - massa NaCl = ... gram
   - massa $AgNO_3$ yang diperlukan = ... gram
5) Hukum Dasar Kimia yang manakah yang terlibat dalam kasus ini? Mengapa?

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2021

Ilmu Pengetahuan Alam
untuk SMA Kelas X

Penulis: Ayuk Ratna Puspaningsih, Elizabeth Tjahjadarmawan, Niken Resminingpuri Krisdianti
ISBN: 978-602-244-380-3

Bab 5 Struktur Atom – Keunggulan Nanomaterial

Sumber: Flicker.com/Joshua Sosrosaputro (2008)

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Bab ini, Kalian dapat

1) mendeskripsikan pengertian dan pentingnya nanoteknologi,
2) menganalisis struktur atom dari unsur-unsur,
3) menganalisis konfigurasi elektron menurut teori model atom Bohr,
4) menganalisis kecenderungan jari-jari atom dalam sifat keperiodikan unsur, dan
5) menerapkan konsep struktur atom pada bahasan nanomaterial.

Kata Kunci

- Nanoteknologi
- Nanomaterial
- Logam Tanah Jarang
- Struktur atom
- Konfigurasi elektron
- Jari-jari atom

Gambar 5.1. Lumpur Lapindo mengandung logam tanah jarang.
Sumber: medcom.id/Eric Ireng (2018)

Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) mengungkapkan potensi kandungan logam tanah jarang (LTJ) atau *rare earth* yang berasal dari lumpur Lapindo Sidoarjo, Jawa Timur. Hal ini dikemukakan oleh Kepala Badan Geologi Kementerian ESDM dalam jumpa pers virtual di Jakarta, Rabu 20 Januari 2021.

Logam tanah jarang merupakan salah satu mineral yang jadi perhatian dunia karena dibutuhkan dalam pengembangan kendaraan listrik. Selain itu logam tanah jarang merupakan komoditas mineral berkualitas tinggi yang menjadi bahan baku dalam industri pertahanan sebagai bahan pembuatan peralatan militer, mesin jet, satelit, dan laser.

Merujuk yang disampaikan oleh Direktur Pembinaan dan Pengusahaan Mineral Kementerian ESDM, ada tiga sumber potensi LTJ yang telah diidentifikasi. Pertama, dari pertambangan timah yang menghasilkan campuran unsur La, Ce, Nd, dan lainnya. Kedua, dari tambang bauksit yang menghasilkan itrium (Y). Ketiga, dari nikel yang masih dalam kajian memiliki potensi skandium (Sc). Jenis yang pertama paling memungkinkan untuk dikembangkan dan sudah banyak studi yang tersedia sementara yang kedua dan ketiga relatif baru dan kemungkinan keekonomisannya masih merupakan tantangan.

(Sumber: *https://money.kompas.com/read/2020/07/20/060700826/seperti-apa-keberadaan-logam-tanah-jarang-di-indonesia-ini-kata-esdm?page=all)*

Artikel tersebut tentu menimbulkan rasa ingin tahu Kalian sekaligus rasa bangga sebagai bangsa yang kaya sumberdaya mineralnya bukan? Salah satu mineral tersebut adalah logam tanah jarang atau LTJ. Apakah LTJ? Di manakah posisi LTJ pada tabel sistem periodik unsur? Apa hubungannya dengan nanomaterial? Apa hubungannya dengan struktur atom? Pertanyaan-pertanyaan tersebut akan terjawab setelah mempelajari materi-materi pada bab ini.

5.1. Pengertian dan Pentingnya Nanoteknologi

Halo pelajar Pancasila, apa yang Kalian pikirkan jika mendengar kata nano? Kata nano berasal dari Bahasa Yunani yang artinya kerdil. Ukurannya adalah satu perseribu juta atau satu persemilyar. Jika dibandingkan terhadap ukuran meter maka satu nanometer (nm) sama dengan 10^{-9} m. Bisakah Kalian mengamati benda seukuran ini? Ukuran nano ini digunakan pada rekayasa teknologi sehingga dikenal dengan istilah nanoteknologi. Istilah ini muncul pada tahun 1974 yaitu saat Norio Taniguchi menyatakan bahwa material dapat dikontrol dan direkayasa hingga ukurannya lebih kecil dari ukuran mikrometer.

Jadi area nanoteknologi adalah teknik bagaimana menciptakan mesin-mesin seukuran molekul untuk memanipulasi dan mengontrol sebuah objek. Melalui nanoteknologi, material dapat didesain sedemikian rupa untuk memperoleh sifat dan material yang diinginkan tanpa memboroskan atom-atom yang tidak diperlukan. Ingatlah bahwa salah satu prinsip kimia hijau adalah atom ekonomi. Oleh karena itu nanoteknologi merupakan salah satu penerapan prinsip kimia hijau untuk tujuan pelestarian lingkungan.

Sebagai gambaran pentingnya nanoteknologi mari kita lihat kembali potensi Lumpur Lapindo. Sebelum diketahui bahwa terdapat kandungan LTJ, penelitian sebelumnya mengungkapkan adanya silika dalam lumpur Lapindo yang telah diproses menggunakan mesin *ball mill* untuk menghasilkan nanosilika. Silika ukuran nano ini berguna untuk memperkuat bahan bangunan yaitu batako atau batubata. Nanosilika yang berasal dari lumpur Lapindo dicampur dengan semen masing-masing dengan perbandingan 50 persen. Pada penggunaannya sebagai bahan bangunan ternyata hanya dengan komposisi 10 persen nanosilika dari berat total semen maka kekuatannya bisa mencapai dua hingga tiga kali dari desain batubata atau batako yang dibuat tanpa teknologi nano.

(Sumber: *http://www.fisika.lipi.go.id/webfisika/content/nanoteknologi-dapat-diterapkan-atasi-lumpur-lapindo*).

Apa keajaiban yang tersimpan dalam partikel ukuran nano. Mengapa? Ukuran nanopartikel memberikan sifat fisika dan sifat kimia baru. Pada contoh yang sudah diulas, nanosilika dapat bersifat *nanofiller* ketimbang silika yang tidak berukuran nano. Nanosilika dapat mengisi rongga-rongga kosong di dalam batubata sehingga mencegah pelapukan dan tidak kedap air. Menarik bukan? Ayo Kalian kembangkan rasa ingin tahu dengan mengerjakan **Aktivitas 5.1** berikut.

Petunjuk mengerjakan **Aktivitas 5.1**.

1) Bekerjalah dalam kelompok.
2. Jawablah pertanyaan berikut:
   - ✓ Apakah pengertian nanoteknologi?
   - ✓ Apakah pentingnya nanoteknologi?
3. Kalian boleh mencari jawaban dari berbagai sumber informasi lalu catatlah sumber informasi yang dirujuk.
4. Tulis hasil diskusi kelompok pada buku catatan masing-masing.
5. Komunikasikan hasil kerja kelompok Kalian dalam diskusi kelas.

5.2. Struktur Atom

Nanoteknologi berhubungan dengan rekayasa material di tingkat atom dan molekul. Pada bab 3 dan 4 Kalian telah mengenal pengertian atom, molekul, tabel sistem periodik unsur, unsur, nomor atom, nomor massa atom dan cara menulis lambang unsur. Ayo ingat kembali materi tersebut.

Apa saja bagian-bagian atom? Bagian atom merupakan partikel penyusun atom atau partikel subatom. Atom memiliki bagian inti atom yang disebut nukleus sebagai pusat atom. Inti atom ini menentukan massa atom. Inti atom ditempati oleh partikel atom yaitu proton (partikel atom

bermuatan positif) dan neutron (partikel atom tidak bermuatan listrik). Adapun partikel atom bermuatan negatif menempati bagian di luar nukleus. Perhatikan **Tabel 5.1**.

Tabel 5.1. Partikel Penyusun Atom

Partikel	Simbol	Massa (g) dan (sma)	Muatan (C)	Lokasi
Proton	p	$= 1{,}67262 \times 10^{-24}$ g = 1,00073 sma	$+ 1{,}6022 \times 10^{-19}$	dalam nukleus
Neutron	n	$= 1{,}67262 \times 10^{-24}$ g = 1.00087 sma	0	dalam nukleus
Elektron	e	$= 9{,}10939 \times 10^{-28}$ g = 0,0006 sma	$- 1{,}6022 \times 10^{-19}$	luar nukleus

Sumber: Hill. J.W et al. 2017

Ingat kembali ulasan lambang unsur pada bab 4 bahwa nomor massa menyatakan jumlah proton dan neutron sedangkan nomor atom menyatakan jumlah elektron. Dalam sebuah atom yang netral jumlah elektronnya sama dengan jumlah proton. Atom netral artinya atom tersebut tidak membentuk ion yaitu tidak melepas atau menangkap elektron pada kulit terluarnya. Perhatikan **Tabel 5.2** berikut.

Tabel 5.2. Hubungan Lambang Unsur terhadap Partikel Penyusun Atom

Lambang unsur	Nama Unsur	Nomor massa		Nomor atom	
		Jumlah proton	Jumlah neutron	Jumlah proton	Jumlah elektron
$^{1}_{1}H$	Hidrogen	1	1 - 1 = 0	1	1
$^{4}_{2}He$	Helium	2	4 - 2 = 2	2	2
$^{7}_{3}Li$	Litium	3	7 - 3 = 4	3	3
$^{9}_{4}Be$	Berilium	4	9 - 4 = 5	4	4

Mudah bukan? Ayo lakukan **Aktivitas 5.2** berikut untuk memperkuat pemahaman Kalian tentang partikel penyusun atom.

Literasi

SIKAP
- Mandiri
- Kritis, kreatif
- Gotong royong

Petunjuk mengerjakan Aktivitas 5.2:

1) Bekerjalah dalam kelompok.
2) Bacalah kembali artikel tentang Lumpur Lapindo pada awal bab ini.
3) Temukan 5 unsur kimia yang merupakan LTJ pada artikel tersebut.
4) Buatlah tabel seperti **Tabel 5.2** atau format lain yang Kalian suka.
5) Komunikasikan hasil kerja kelompok Kalian dalam diskusi kelas.

5.3. Konfigurasi Elektron

Setelah Kalian memahami posisi proton dan neutron dalam inti atom lalu di manakah posisi elektron? Elektron berada di luar inti atom namun pada bagian manakah? Bagaimana susunan elektron pada atom? Susunan elektron ini dikenal sebagai konfigurasi elektron. Pada bab ini dibahas singkat dua teori model atom yang mendasari konfigurasi elektron yaitu teori model atom Niels Bohr dan mekanika kuantum. Persamaan kedua teori ini adalah menjelaskan posisi dan susunan elektron pada suatu lokasi di luar nukleus. Apakah perbedaan kedua teori tersebut? Ayo cermati **Tabel 5.3** berikut.

Tabel 5.3. Perbedaan Teori Model Atom Bohr terhadap Teori Model Atom Mekanika Kuantum

Aspek	Teori model atom Bohr	Teori model atom mekanika kuantum
Pencetus	Niels Bohr (1885-1962)	- Louis de Broglie - Heisenberg - Erwin Schrodinger
Tahun	1913	Dimulai tahun 1900

Aspek	Teori model atom Bohr	Teori model atom mekanika kuantum
Keberadaan elektron	- Elektron berada pada kulit atom/ orbit/lintasan yang merupakan tingkat energi elektron. - lintasan elektron diasumsikan mirip sistem tata surya - Kulit atom yang paling dekat nukleus (kulit K) mempunyai energi electron paling rendah. Makin jauh dari nukleus tingkat energi membesar. - Elektron yang bermuatan negatif bergerak mengelilingi nukleus yang bermuatan positif. Selama bergerak pada lintasannya maka elektron tidak menyerap/ memancarkan energi. - Elektron yang berpindah dari tingkat energi tinggi ke tingkat energi rendah akan memancarkan energi dari gelombang elektromagnetik. Demikian pula hal sebaliknya. - Posisi elektron tidak akurat.	- Elektron berada dalam daerah paling memungkinkan terdapat elektron (disebut orbital). - Posisi elektron lebih akurat.
Bentuk orbit/ lintasan elektron	Dikemukakan berbentuk elips namun tidak dideskripsikan dengan jelas.	Selain berbentuk bola ada juga bentuk spesifik lainnya yang dapat dideskripsikan dengan jelas.
Perilaku elektron	Sebagai partikel saja.	Sebagai partikel sekaligus gelombang (dualisme gelombang-partikel).
Efek elektro-magnetik	Tidak dapat menjelaskan efek medan magnet (*Zeeman effect*) maupun efek medan listrik (*Stark effect*).	Mampu menjelaskan kedua efek tersebut dengan teliti.

Aspek	Teori model atom Bohr	Teori model atom mekanika kuantum
Bilangan kuantum	Tidak dapat menjelaskan bilangan kuantum.	Bisa menjelaskan ke-4 bilangan kuantum sebagai ciri-ciri elektron yang spesifik.
Aplikasi	Hanya pada atom Hidrogen namun tidak pada atom berukuran besar.	Pada semua ukuran atom baik kecil, besar, maupun kompleks.

Bab ini hanya membahas konfigurasi elektron menurut teori model atom Bohr sedangkan teori mekanika kuantum akan disampaikan di kelas XI. Bohr dan Burry secara bersamaan mengusulkan aturan konfigurasi elektron pada kulit atom, yaitu: (1) Elektron menempati kulit atom dimulai dari kulit yang paling dekat nukleus yaitu kulit K, (2) Jumlah maksimal elektron yang menempati tiap kulit mengikuti aturan $2n^2$ (n adalah nomor kulit), dan (3) Pada kulit terluar tidak dapat memiliki lebih dari 8 elektron dan kulit terluar sebelumnya tidak dapat memiliki lebih dari 18 elektron. Hal ini akan mengacu pada aturan oktet saat unsur-unsur bergabung membentuk senyawa. Adapun jumlah elektron pada kulit terluar disebut elektron valensi. Perhatikan **Tabel 5.4** berikut.

Tabel 5.4. Konfigurasi elektron teori model atom Bohr

Kulit ke-	Nama kulit	Jumlah elektron maksimum pada kulit atom ($2n^2$)	Susunan konfigurasi elektron (Bohr-Burry)	Diagram konfigurasi elektron model atom Bohr
1	K	2	2	Kulit pertama / n=1 K=2 elektron Inti Atom Kulit kedua / n=2 L=8 elektron Kulit ketiga / n=3 M=18 elektron
2	L	8	2.6	
3	M	18	2.8.8	
4	N	32	2.8.18.4	
5	O	50	2.8.18.18.4	
6	P	72	2.8.18.32.10.2	
7	Q	98	2.8.18.32.28.8.2	

Sebelum membahas sifat keperiodikan unsur marilah kita mendeskripsikan bagian-bagian pada tabel sistem periodik unsur. Perhatikan **Intisari** berikut.

Mendeskripsikan Bagian Tabel Periodik Modern

Tabel periodik unsur yang Kalian kenal saat ini adalah sistem periodik modern atau dikenal dengan sistem periodik bentuk panjang yang dicetuskan oleh Henry G Moseley. Kenaikan nomor atom menjadi dasar penyusunan unsur dalam sistem periodik ini sehingga sifat-sifat unsur adalah fungsi periodik dari nomor-nomor atomnya. Telah diulas sebelumnya bahwa nomor atom melambangkan jumlah elektron sedangkan elektron tersusun sebagai konfigurasinya masing-masing dalam atom tersebut.

Gambar 5.2. Tabel Sistem Periodik Unsur

Tampilan tabel periodik bentuk panjang terdiri dari golongan dan periode. Dalam tabel periodik modern, atom dengan konfigurasi elektron yang serupa ditempatkan dalam satu kolom yang sama. Kolom ini dinamakan golongan yang dibaca dari atas ke bawah. Golongan menyatakan jumlah elektron kulit terluar (elektron valensi) suatu atom dari unsur tersebut. Sedangkan periode merupakan deretan unsur-unsur yang disusun berdasarkan peningkatan nomor atom berurutan dari kiri ke kanan. Periode mendeskripsikan jumlah kulit atom yang dimiliki oleh atom unsur tersebut.

Tabel periodik bentuk panjang terdiri dari 18 golongan dan 7 periode yang diuraikan sebagai berikut.

Bagian Horizontal

- ✓ Terdiri dari 7 baris horizontal disebut periode. Unsur-unsur pada periode disusun berdasarkan urutan nomor atom.
- ✓ Periode ke-1 adalah periode terpendek yaitu terdiri dari 2 unsur "H" dan "He".
- ✓ Periode ke-2 dan ke-3 masing-masing memiliki 8 unsur.
- ✓ Periode ke-4 dan ke-5 masing-masing memiliki 18 unsur.
- ✓ Periode ke-6 memiliki 32 unsur. Ke-15 unsur diantaranya merupakan deret Lantanida atau logam tanah jarang (nomor atom 57-71). Unsur Sc dan Y juga dikelompokkan ke dalam LTJ sehingga jumlah unsur LTJ adalah 17 buah. Deret lantanida letaknya terpisah dari tabel yaitu pada bagian bawah tabel. Logam tanah jarang memiliki sifat-sifat yang mirip satu sama lain. Ingat bahasan artikel pada awal Bab ini.
- ✓ Periode ke-7 terdiri dari unsur-unsur lainnya yang jumlahnya masih terus bertambah. Ke-15 unsur diantaranya merupakan unsur-unsur deret aktinida (nomor atom 89-103). Posisi deret aktinida juga terpisah dari tabel yaitu diletakkan pada bagian bawah tabel. Sebagian besar unsur deret aktinida merupakan unsur transuranium dengan nomor atom di atas 92.

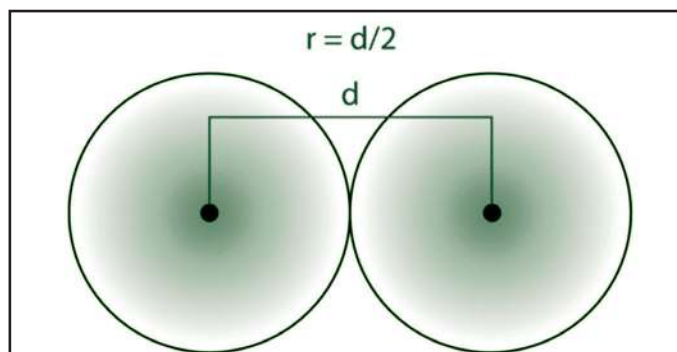
Bagian Vertikal

- ✓ Kolom yang vertikal disebut golongan.
- ✓ Ada 18 golongan.
- ✓ Golongan dibagi menjadi 2 yaitu golongan utama (A) dan golongan transisi (B).
- ✓ Golongan utama terdiri dari golongan I A hingga VIII A (golongan 1 A hingga III A adalah unsur logam sedangkan golongan IV A hingga VIII A adalah nonlogam).
- ✓ Unsur B, Si, Ge, As, Sb, Te, Po, dan At adalah unsur-unsur semilogam atau metaloid.
- ✓ Golongan transisi terdiri dari golongan I B hingga VIII B yaitu unsur-unsur logam transisi.
- ✓ Golongan lantanida dan aktinida juga dikelompokkan sebagai unsur-unsur logam transisi.

Mengetahui konfigurasi elektron dari atom suatu unsur akan memberikan informasi letak unsur pada periode dan golongan dalam tabel sistem periodik. Jumlah kulit yang dimiliki atom merupakan letak unsur pada periode sementara jumlah elektron valensi adalah letak unsur pada golongan utama maupun transisi.

Carilah data nomor atom dan nomor massa dari unsur aluminium dan unsur kalsium pada tabel sistem periodik. Buatlah konfigurasi elektron kedua unsur tersebut menggunakan diagram teori model atom Bohr (lihat contoh pada **Tabel 5.4**). Tentukan jumlah kulit dan jumlah elektron valensinya.

5.4. Jari-jari Atom sebagai Sifat Keperiodikan Unsur

Melalui konfigurasi elektron dari atom suatu unsur kita juga bisa mengetahui sifat kimia dan fisika yang spesifik pada unsur itu. Hal ini dinamakan sifat keperiodikan unsur. Salah satu sifat keperiodikan unsur yang dibahas pada bab ini adalah jari-jari atom. Bagaimana cara menghitung jari-jari atom? Pada **Gambar 5.3** terdapat simbol "r" yaitu jari-jari dan "d" merupakan diameter. Adapun jari-jari atom dinyatakan dalam satuan Angstrom (Å). Satu Å = 100 pm (pikometer). Satu pm besarnya sama dengan 10^{-12} m. Ukuran jari-jari atom berkisar 30 - 300 pm.

Gambar 5.3. Jari-jari atom pada gabungan atom identik

Ayo Berlatih

Analisislah **Gambar 5.3** lalu jawablah pertanyaan berikut:

1) Deskripsikan pengertian jari-jari atom.
2) Bagaimana cara menentukan jari-jari atom dari dua atom identik yang bergabung membentuk molekul?
3) Berapa jari-jari atom Hidrogen jika diketahui jarak antara dua atom Hidrogen yang membentuk molekul H_2 adalah 76 pm?

Selanjutnya bagaimana kecenderungan jari-jari atom dalam tabel periodik unsur? Ayo lakukan **Aktivitas 5.3**.

Aktivitas 5.3

Literasi

SIKAP
- Mandiri
- Kritis, kreatif
- Gotong royong

128 pm — F radius = $\frac{128\text{ pm}}{2}$ = 64 pm

198 pm — Cl radius = $\frac{198\text{ pm}}{2}$ = 99 pm

228 pm — Br radius = $\frac{228\text{ pm}}{2}$ = 114 pm

266 pm — I radius = $\frac{266\text{ pm}}{2}$ = 133 pm

(a)

Periodic Table of the Elements

Period	Group 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo

(b)

Gambar 5.4. Jari-jari atom sebagai Sifat Keperiodikan Unsur

Sumber: Openstaxcollege.org/OpenStax College (2017)

Bekerjalah dalam kelompok. Analisislah diagram pada **Gambar 5.4**. untuk menjawab pertanyaan berikut dan komunikasikan hasilnya dalam diskusi kelas.

(1) Jelaskan bagaimana kecenderungan jari-jari atom dalam satu periode (baca: dari kiri ke kanan) jika dihubungkan dengan bertambahnya nomor atom?

(2) Jelaskan bagaimana kecenderungan jari-jari atom dalam satu golongan (baca: dari atas ke bawah) jika dihubungkan dengan bertambahnya nomor atom. Jelaskan unsur manakah yang memiliki jari-jari atom terpendek dan manakah yang terpanjang jari-jari atomnya.

5.5. Konsep Struktur Atom pada Bahasan Nanomaterial

Nanomaterial adalah salah satu aplikasi nanoteknologi. Mengapa struktur atom menjadi konsep penting dalam bahasan nanomaterial? Sifat material sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel yaitu atom maupun molekul penyusunnya. Material berukuran nano pada batasan 1-100 nm memiliki sifat antara lain titik lebur, konduktivitas listrik, permeabilitas magnetik, warna, optis, dan reaktivitas kimia yang unik dan berbeda dibandingkan material pada ukuran makroskopik.

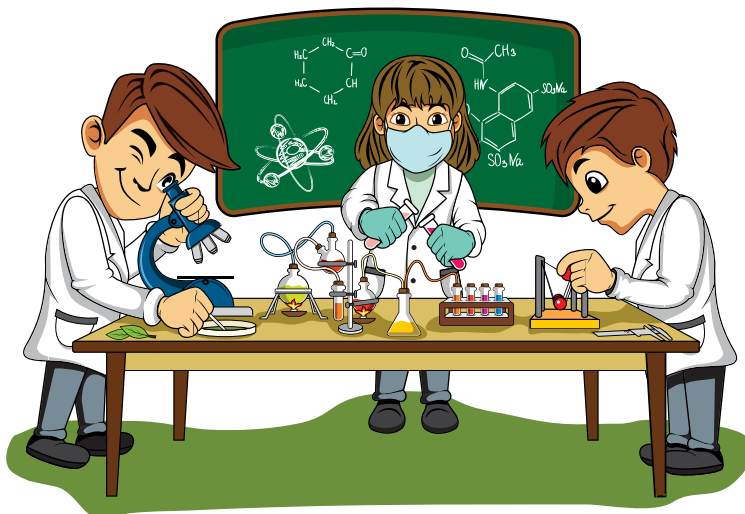
Bagaimana konsep pembentukan material menjadi berukuran nano? Sintesis nanomaterial antara lain dapat dilakukan dengan metode (1) *top-down* yaitu sintesis secara fisika. Pada metode ini partikel besar dipecah menjadi partikel berukuran nanometer (2) *bottom-up* yaitu proses sintesis nanopartikel secara kimia dengan melibatkan reaksi kimia dari sejumlah material awal sehingga dihasilkan material lain yang berukuran nanometer. Konsep perubahan sifat material pada ukuran nano didasari oleh dua aspek yaitu (1) ukuran material (2) luas permukaan material. Mari kita bahas satu-persatu.

(1) Ukuran material

Kalian telah mempelajari bahwa salah satu sifat keperiodikan unsur adalah jari-jari atom. Ukuran atom ditentukan oleh jari-jarinya. Semakin pendek jari-jari atom maka ukuran atom makin kecil. Material yang merupakan gabungan atom jika direduksi menjadi skala nano dapat

menunjukkan sifat yang sangat berbeda dibandingkan dengan apa yang ditampilkan pada skala makro. Contohnya antara lain (1) tembaga adalah zat buram namun bisa menjadi transparan (2) platina adalah bahan *inert* yang berubah menjadi katalis (3) aluminium merupakan bahan yang sulit terbakar ternyata dapat menjadi mudah terbakar (4) emas yang tadinya padatan dapat berubah menjadi cairan pada suhu kamar (5) silikon yang bersifat isolator ternyata dapat bersifat konduktor.

(2) Luas permukaan material.

Material berskala nano memiliki luas permukaan yang relatif lebih besar jika dibandingkan material nonnano untuk massa yang sama. Hal ini dapat dijelaskan dari teori tumbukan yang akan Kalian pelajari lebih lanjut di kelas XI nanti. Teori ini menyatakan bahwa makin kecil ukuran material menyebabkan jumlah sisi aktif material untuk bereaksi secara kimia menjadi bertambah. Pertambahan jumlah sisi aktif merujuk pada makin luasnya permukaan sisi aktif partikel. Material menjadi lebih reaktif secara kimiawi ketimbang material nonnano. Dalam rangka mensintesis atom demi atom maka harus terjadi tumbukan antarpartikel untuk menghasilkan reaksi kimia. Tumbukan yang menghasilkan reaksi kimia harus terjadi pada sisi aktif. Oleh karenanya makin luas permukaan partikel akan memberi peluang terjadinya reaksi kimia karena bertambahnya sisi aktif.

Berdasarkan penjelasan ini bagaimana mendeskripsikan hubungan antara ukuran partikel terhadap luas permukaan? Coba Kalian lakukan **Aktivitas** 5.4 berikut.

- Keterampilan proses sains
- Literasi

HOTS
- Analisis
- Evaluasi
- Sintesis

SIKAP
- Mandiri
- Kritis, kreatif
- Gotong royong

Bekerjalah dalam kelompok.

✓ Potong selembar kertas berukuran total luas permukaan 10 cm × 10 cm.

✓ Lalu kertas ini dipotong lagi menjadi berukuran lebih kecil yaitu 1 cm × 1 cm hingga semua bagian kertas terpotong.

✓ Hitung berapa potong kertas yang akan Kalian dapatkan?

✓ Jika sepotong kertas berukuran 1 cm × 1 cm ini dipotong lagi menjadi berukuran 1 nm × 1 nm maka berapa potong kertas yang kini Kalian peroleh?

✓ Bayangkan bahwa kertas ini merupakan material. Kesimpulan apakah yang Kalian peroleh? Tuliskan jawabannya pada buku catatan Kalian.

✓ Komunikasikan hasilnya dalam diskusi kelas.

Dari pembahasan materi bagian ini akhirnya Kalian mendapat kesimpulan bahwa ukuran partikel memegang peranan penting pada sifat material. Saat material dibuat berukuran sangat kecil hingga mendekati ukuran atom atau molekul yang menyusunnya maka yang kita dapatkan adalah sifat asli yang spesifik dari atom atau molekul tersebut. Keadaan ini semakin jelas terlihat pada ukuran partikel kurang dari 50 nm bahkan di bawah 10 nm.

Gambar 5.5. Unsur-unsur logam tanah jarang
Sumber: Kemendikbudristek/Wahyu Noveriyanto (2021)

Indonesia diyakini memiliki kandungan logam tanah jarang melimpah sehingga berpotensi menjadi salah satu pemasok global yang saat ini masih didominasi China. Karakteristik material yang istimewa menjadikan logam tanah jarang sangat industri elektronik, otomotif, perminyakan, kedirgantaraan, dan pertahanan. Saat ini pemerintah Indonesia telah memberikan perhatian khusus terhadap perkembangan logam tanah jarang dan menjadikannya sebagai salah satu program prioritas nasional yang tertuang dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN).

Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), menyatakan bahwa sudah ada pilot plant di Bangka milik PT Timah Tbk untuk pemisahan logam tanah jarang yang berasal dari pasir monasit. Pasir monasit merupakan hasil samping dari penambangan bijih timah yang bersifat radioaktif sehingga harus mendapat rekomendasi dari BATAN.

Secara komersial logam tanah jarang dan paduannya banyak digunakan pada perangkat elektronik seperti memori komputer, DVD, ponsel, *catalytic converter*, magnet, lampu neon, dan baterai isi ulang. Banyak baterai isi ulang yang dibuat dengan senyawa logam tanah jarang. Permintaan baterai didorong oleh kebutuhan untuk pembuatan perangkat elektronik portabel seperti komputer portabel dan kamera. Sejumlah senyawa tanah jarang juga diperlukan sebagai sumber daya pada setiap kendaraan listrik dan kendaraan listrik hibrida. Harapannya adalah produksi logam tanah jarang ikut mampu berkontribusi dalam industri elektronik, baterai, dan untuk mendukung program mobil listrik.

Sumber: https://www.dunia-energi.com/pengembangan-logam-tanah-jarang-dukung-program-mobil-listrik/

Bekerjalah dalam kelompok.

1. Analisis bacaan dengan teliti.
2. Diskusikan jawaban dari pertanyaan berikut:
   a) Tulislah lima lambang unsur yang termasuk LTJ beserta nomor atom dan nomor massanya.
   b) Deskripsikan partikel subatom (jumlah proton, neutron, dan elektron pada unsur-unsur LTJ tersebut.
   c) Tulislah konfigurasi elektron masing-maisng unsur yang Kalian pilih menurut diagram teori model atom Bohr (lihat contoh pada **Tabel 5.4**).
   d) Bagaimana posisi unsur-unsur tersebut dalam tabel periodik unsur (terkait golongan dan periodenya)?
   e) Bagaimana caranya agar unsur-unsur tersebut dapat digunakan sebagai nanomaterial? Jelaskan konsep yang mendasarinya.
3. Buatlah infografis dari bahan yang mudah Kalian dapatkan. Infografis bisa berupa digital maupun nondigital. Bentuk digital bisa berupa poster, powerpoint, Instagram, tiktok, video. Bentuk nondigital disesuaikan dengan bahan-bahan yang tersedia misalnya laporan tertulis, majalah dinding, atau kliping.
4. Komunikasikan produk hasil kerja kelompok Kalian di media sosial, lisan dalam kelas, maupun tertulis disesuaikan dengan kondisi Kalian.
5. Lakukan dengan sikap:
   ✓ jujur/obyektif
   ✓ kritis
   ✓ kreatif
   ✓ mandiri
   ✓ inovatif
   ✓ bergotong royong

Isilah formulir evaluasi diri pada **Tabel 5.5** berikut dengan cara memberi tanda centang pada kolom yang Kalian pilih.

Tabel 5.5. Formulir evaluasi diri pembelajaran struktur atom dalam bahasan nanomaterial.

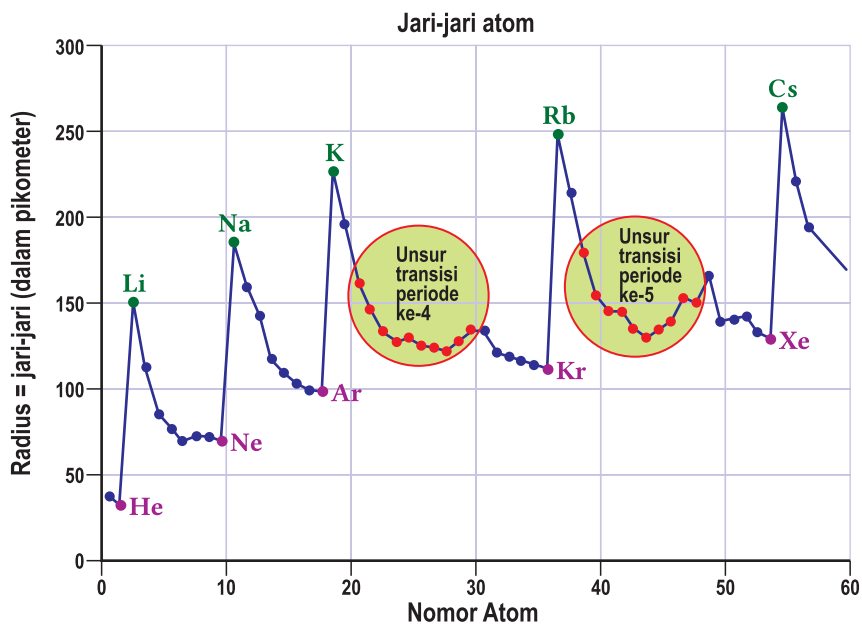
No	Pertanyaan	4 Sangat baik	3 Baik	2 Cukup baik	1 Kurang baik
1	Tertarik terhadap materi nanomaterial				
2	Memahami konsep struktur atom dalam nanomaterial				
3	Ingin mengeksplorasi lebih jauh materi nanomaterial melalui berbagai sumber informasi				
4	Bercita-cita mendalami jurusan ini pada jenjang perguruan tinggi				

Score

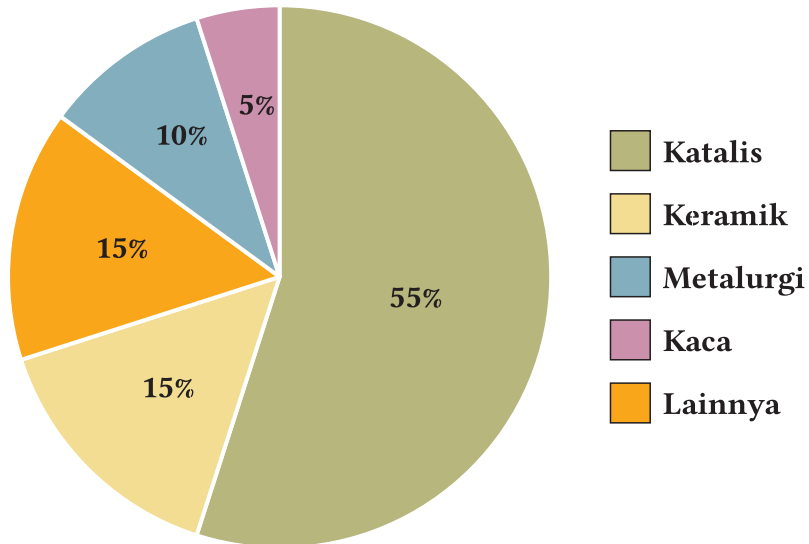
$X \geq 13$ (Sangat baik)

$9 < X \leq 12$ (baik)

$5 < X \leq 8$ (cukup baik)

$X \leq 4$ (kurang baik)

Gambar 5.6. Hubungan jari-jari atom terhadap letak unsur pada tabel periodik

Perhatikan grafik pada **Gambar 5.6**. Analisis grafik tersebut dalam kerja kelompok lalu diskusikan untuk menjawab pertanyaan berikut:

1) Jelaskan bagaimana kecenderungan jari-jari atom pada unsur-unsur dalam satu golongan dengan bertambahnya nomor atom.
2) Jelaskan bagaimana kecenderungan jari-jari atom pada unsur-unsur dalam satu periode dengan bertambahnya nomor atom.
3) Jelaskan kecenderungan jari-jari atom logam transisi pada periode ke-4 dan ke-5.
4) Prediksilah kecenderungan jari-jari atom logam transisi pada periode ke-6.

Soal 1.

Gambar 5.7. Bidang aplikasi logam tanah jarang

Logam tanah jarang baru-baru ini mendapatkan perhatian basar dari para ilmuwan di dunia. **Gambar 5.7** menampilkan penerapan logam tanah jarang di berbagai bidang. Pilihlah salah satu bidang lalu carilah berbagai sumber informasi terkait bidang itu. Analisislah sumber informasi tersebut kemudian buatlah ringkasan dengan kalimat yang Kalian susun sendiri. Kemukakan hasilnya secara lisan di depan kelas.

Soal 2.

Cermatilah video berjudul "Berkenalan dengan Ilmuwan Nanoteknologi Indonesia yang Punya Sederet Hak Paten" pada link berikut.

https://www.youtube.com/watch?v=kyFPaqXXj8g

Berdasarkan video tersebut, buatlah opini tentang ide apa saja yang bisa Kalian munculkan terhadap pemanfaatan nanoteknologi bagi kesejahteraan manusia?

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI REPUBLIK INDONESIA, 2021

Ilmu Pengetahuan Alam
untuk SMA Kelas X

Penulis: Ayuk Ratna Puspaningsih, Elizabeth Tjahjadarmawan, Niken Resminingpuri Krisdianti
ISBN: 978-602-244-380-3

Bab 6 Energi Terbarukan

Kata Kunci

- Usaha
- Energi
- Daya
- Efisiensi Energi
- Hukum Kekekalan Energi
- Konversi Energi
- Energi Terbarukan
- Energi Tak Terbarukan

Sumber: Medcom.id/Adeng Bustomi (2019)

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Bab ini, Kalian dapat

1) mengklasifikasikan bentuk-bentuk energi dasar,
2) menganalisis bentuk energi yang terlibat pada penerapannya dalam kehidupan sehari-hari,
3) menganalisis keberlakuan Hukum Kekekalan Energi Mekanik pada peristiwa yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari,
4) menemukan masalah ketersediaan energi yang ada di lingkungan sekitar tempat tinggal,
5) menemukan potensi sumber energi yang ada di lingkungan sekitar tempat tinggal,
6) merencanakan rancangan pembuatan alat atau prototipe penghasil energi sederhana sebagai solusi masalah ketersediaan energi,
7) membuat alat atau prototipe penghasil energi sederhana, dan
8) memperbaiki rancangan alat atau prototipe penghasil energi sederhana yang telah diujicobakan.

Gambar 6.1. Kincir air untuk mengairi sawah.
Sumber: medcom.id/Adeng Bustomi (2019)

Pernahkah Kalian melihat kincir air? Jika Kalian mengira bahwa kincir air merupakan produk teknologi modern dari luar negeri, Kalian tidak sepenuhnya benar. Selama 60 tahun, Kelompok tani Desa Manggungsari, Tasikmalaya telah memanfaatkan kincir air untuk mengalirkan air Sungai Citanduy yang tiada habisnya ke sawah mereka saat musim kemarau tiba.

Sejauh ini, kincir air baru berfungsi sebagai alat untuk membantu pengairan sawah. Padahal kincir air tersebut masih dapat dimanfaatkan lebih lanjut lagi sebagai pembangkit energi listrik.

Setelah membaca berita di atas, pertanyaan apa yang timbul di benak Kalian?

6.1. Energi

Pada musim kemarau, para petani di Desa Manggungsari ini harus memindahkan air dari Sungai Citanduy menuju ke sawah mereka. Mereka menggunakan kincir air dengan rata-rata diameter sekitar 5 meter yang pada ujung-ujungnya diberi tabung bambu untuk memerangkap air seperti yang terlihat pada **Gambar 6.1**.

Kalian dapat membaca informasi mengenai kincir air terlebih dahulu pada link berikut
https://lokadata.id/artikel/mengatasi-kekeringan-dengan-kincir-air-warisan-nenek-moyang

Banyaknya air yang mengalir pada Sungai Citanduy dinyatakan dalam besaran debit yang secara matematis dinyatakan dengan persamaan berikut.

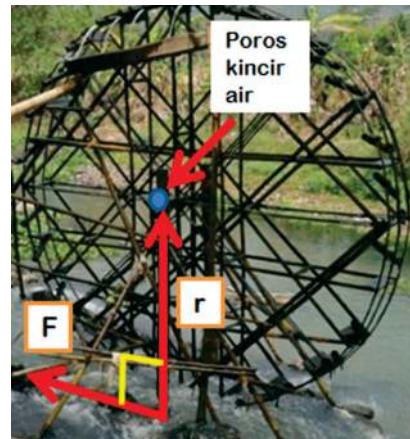
$$Q = \frac{V}{t} \tag{6.1}$$

dengan

Q = debit air (m^3/s)

V = volume air (m^3)

t = waktu (s)

Debit aliran air Sungai Citanduy saat kemarau berada pada kisaran 12,00 m^3/s hingga 14,50 m^3/s.

Aliran air sungai dengan debit tertentu menyediakan gaya dorong yang dibutuhkan untuk memutar kincir air dan mengangkat air pada tabung bambu hingga mencapai ketinggian sekitar 5 meter. Gaya dorong aliran air sungai tersebut tegak lurus dengan kincir airnya. Gaya tersebut menyebabkan kincir air tersebut berputar disebut torsi. Secara matematis, torsi oleh gaya dorong aliran air sungai tersebut dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$\tau = F\,r \tag{6.2}$$

dengan

τ = torsi (N.m)

F = gaya dorong yang diberikan oleh aliran air (N)

r = jarak ujung kincir air terhadap poros kincir (m)

Gaya tersebut yang diberikan aliran sungai menyalurkan energi pada kincir tersebut. Oleh karena itu, Kalian dapat menyebutkan bahwa gaya dorong aliran air tersebut melakukan usaha.

Melakukan usaha artinya cara memindahkan atau menyalurkan energi. Usaha dan energi memiliki satuan yang sama. Dalam SI satuannya adalah Joule (J). Dimensi dari usaha dan energi adalah $\frac{[M][L]}{[T]^2}$

Secara matematis, usaha yang dikerjakan oleh gaya dorong aliran air tersebut dinyatakan dengan persamaan

$$W = F\,\Delta s \tag{6.3}$$

dengan

W = usaha yang dikerjakan oleh gaya (J)
F = gaya (N)
Δs = perpindahan (m)

Seberapa lama waktu yang digunakan untuk melakukan usaha dinyatakan dengan besaran daya. Secara matematis, daya dinyatakan dengan persamaan matematis berikut ini.

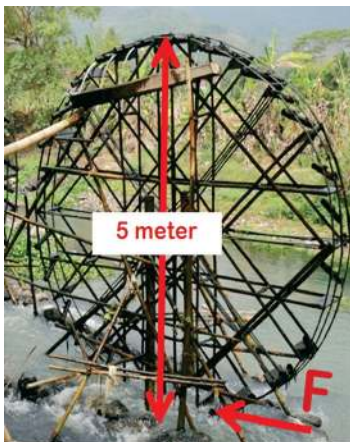
$$P = \frac{W}{t} \tag{6.4}$$

dengan

P = daya (Watt)
W = usaha (Joule)
t = waktu (s)

Dalam kehidupan sehari-hari, energi tidak selalu dinyatakan dalam satuan SI, Joule. Satuan energi, kaitannya dengan daya, biasa dinyatakan dalam kilowatt.jam (kWh).

1 kWh = 1.000 W × 60 menit
1 kWh = 1.000 W × 3.600 s
1 kWh = $3{,}6 \times 10^6$ W.s
1 kWh = $3{,}6 \times 10^6$ J

Mari mencoba aplikasikan persamaan tersebut pada kincir air tersebut dengan contoh kasus berikut.

Misalkan gaya dorong yang diberikan volume air tertentu yang bergerak. Gaya F memutar kincir air hingga air terangkat sejauh 5 m dari dasar sungai, maka usaha yang dikerjakan oleh gaya F adalah sebagai berikut.

W = F Δs
W = F (5) = 5F
W = 5F Joule

Maka energi yang diberikan oleh gaya dorong aliran air sungai pada kincir air adalah 5F Joule.

Ayo Coba

Kalian sudah mendapat penjelasan mengenai energi. Cobalah lakukan **Aktivitas 6.1** agar Kalian dapat memahamimya lebih lanjut.

Kelompok tani dari desa tetangga terancam mengalami gagal panen akibat musim kemarau. Mereka memutuskan membuat kincir air seperti kelompok tani Desa Manggungsari. Jika jari-jari kincir air yang mereka buat sebesar 3 meter. Jika gaya dorong aliran airnya sebesar 62,21 N, energi yang disalurkan oleh gaya dorong aliran air pada kincir air tersebut adalah .... Joule.

6.2. Bentuk-bentuk Energi

Kincir air dapat berputar karena gaya dorong aliran air. Bentuk energi yang terlibat pada peristiwa tersebut adalah energi kinetik. Pada **Gambar 6.2**, terlihat bahwa air mengalir keluar dari tabung bambu setelah tabung tersebut mencapai pada posisi tertinggi atau puncak kincir air. Hal tersebut terjadi akibat adanya gaya tarik dari gravitasi Bumi, sehingga energi yang disalurkan pada air dalam tabung bambu tersebut adalah energi potensial gravitasi.

Pada peristiwa kincir air tersebut, terdapat dua bentuk energi yang terlibat. Namun apakah masih ada bentuk-bentuk energi lain selain dua bentuk energi tersebut? Ya. Tentu saja masih banyak bentuk energi lainnya. Mari besama-sama mengulas bentuk-bentuk energi.

A. Energi Kinetik

Energi yang dimiliki oleh benda bergerak lurus disebut energi kinetik. Secara matematis, dinyatakan dengan persamaan.

$$EK = \frac{1}{2}mv^2 \qquad (6.5)$$

dengan

EK = energi kinetik (J)

m = massa benda (kg)

v = kecepatan benda (m/s)

Untuk menentukan energi kinetik dari suatu benda, Kalian memerlukan informasi massa benda dan kecepatan benda.

Kecepatan benda dinyatakan dengan persamaan.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (6.6)$$

dengan

Δs = perpindahan benda (m)

Δt = selang waktu (s)

Pada kasus kincir air, tabung bambu yang berada pada ujung-ujung kincir bergerak pada lintasan lingkaran. Jarak yang ditempuh tabung bambu saat berputar adalah sebagai berikut.

Δs = n × Keliling lingkaran

Jika Δs disubstitusikan ke **persamaan (6.6)**, kecepatan tabung putaran tabung bambu adalah sebagai berikut.

$$v = \frac{(n \times \text{Keliling lingkaran})}{\Delta t}$$

$$v = \frac{(n \times 2\pi r)}{\Delta t}$$

$$v = \frac{(n \times 2\pi r)}{\Delta t} \quad (6.7)$$

Jika **persamaan (6.7)** disubstitusikan pada **persamaan (6.5)**, sehingga persamaan energi kinetik untuk kincir air yang berotasi adalah sebagai berikut.

$$EK = 2m\left(\frac{\pi n r}{t}\right)^2 \quad (6.8)$$

dengan

EK = energi kinetik kincir yang berotasi (J)

m = massa kincir air (kg)

n = banyaknya putaran

r = jari-jari roda kincir (m)

t = waktu yang dibutuhkan tabung bambu untuk menempuh satu putaran (s)

B. Energi Potensial Gravitasi

Di bawah pengaruh gaya gravitasi Bumi, benda akan memiliki energi yang tersimpan. Energi tersebut biasanya disebut dengan istilah Energi Potensial Gravitasi.

$$EP = mgh \qquad (6.9)$$

dengan
EP = energi potensial gravitasi (J)
m = massa benda (kg)
g = percepatan gravitasi (10 m/s^2)
h = posisi benda pada ketinggian tertentu (m)

C. Kalor

Ketika terjadi perubahan suhu pada benda, terdapat energi yang diserap atau dilepaskan oleh benda, yaitu kalor. Secara matematis kalor dinyatakan dengan persamaan berikut ini.

$$Q = mc\Delta T \qquad (6.10)$$

dengan
Q = kalor (J)
c = kalor jenis (J/kg.K)
m = massa benda (kg)
ΔT = perubahan suhu (K)

D. Energi Listrik

Muatan listrik Q memiliki medan listrik, kemudian muatan listrik lainnya q dipindahkan dari satu tempat ke tempat yang lain dalam pengaruh medan listrik Q, maka muatan listrik q memiliki energi. Secara matematis dinyatakan dengan persamaan:

$$W = V\,I\,t \qquad (6.11)$$

Pada persamaan tersebut, berlaku Hukum Ohm.

$$V = I\,R \qquad (6.12)$$

dengan
W = energi listrik (J)
V = beda potensial atau tegangan listrik (Volt)
I = kuat arus listrik (A)
R = hambatan listrik (ohm)
t = selang waktu (s)

Ayo Identifikasi

Kalian sudah mengetahui bentuk-bentuk energi. Ayo lakukan **Aktivitas 6.2**.

Salinlah tabel di bawah pada buku latihan Kalian dan isilah jawabannya.

A. Tentukanlah besaran-besaran yang perlu diketahui untuk mengetahui besar energi terkait beserta dimensi dan alat ukurnya.

No	Bentuk Energi	Besaran	Satuan SI	Alat Ukur	Dimensi
1	Energi Kinetik				
2	Energi Potensial				
3	Kalor				
4	Energi Listrik				

B. Tentukanlah satuan SI dan dimensi dari besaran yang merupakan konstanta berikut ini.

No	Bentuk Energi	Besaran	Satuan SI	Dimensi
1	Energi Potensial Gravitasi			
2	Kalor Jenis			

C. Buktikanlah bahwa persamaan ini memiliki dimensi yang sama dengan energi.

No	Dimensi Energi	Bentuk Energi	Persamaan	Dimensi
1	$\frac{[M][L]}{[T]^2}$	Energi Kinetik		
2		Energi Potensial Gravitasi		
3		Kalor		

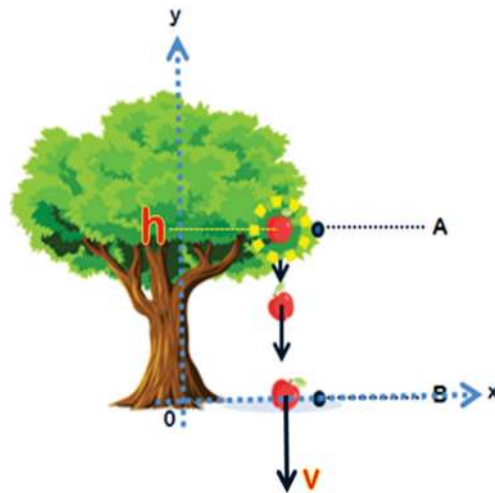
6.3. Hukum Kekekalan Energi dan Konversi Energi

Kali ini, Kalian akan belajar proses dan perubahan yang terjadi di alam pada bahasan perubahan energi. Kita dapat memulainya dari sistem yang sederhana terlebih dahulu. Misalkan pada kasus buah apel jatuh pada **Gambar 6.2**.

Buah apel yang sudah matang di pohon jatuh dari posisi A menuju posisi B. Energi yang terlibat pada apel tersebut adalah energi mekanik. Energi mekanik merupakan energi yang terlibat pada suatu benda yang berada pada posisi tertentu dan bergerak pada keadaan tertentu. Sederhananya, energi mekanik dinyatakan dengan persamaan berikut ini.

$$EM = EK + EP \quad (6.13)$$

dengan

EM = energi mekanik (J)
EK = energi kinetik (J)
EP = energi potensial gravitasi (J)

Gambar 6.2. Apel jatuh dari pohon

Dengan bantuan diagram Cartesius seperti pada Gambar 6.2, Kalian dapat mencoba untuk menganalisis peristiwa apel jatuh tersebut. Sebuah apel bermassa m. Awalnya, apel yang dalam keadaan diam berada di posisi A, yaitu pada ketinggian h dari permukaan tanah, pada keadaan tersebut energi potensial gravitasinya bernilai maksimum, sehingga energi potensial gravitasi sama dengan energi mekanik. Kemudian, apel terlepas dan akhirnya sampai di posisi B pada ketinggian 0 dengan kecepatannya v. Sesaat menyentuh permukaan tanah, kecepatan apel maksimum, sehingga energi kinetik sama dengan energi mekanik di posisi B.

Sebenarnya, energi menunjukkan cara alam mempertahankan "nilainya". Misal, pada kasus apel ini, nilai energi mekanik apel pada posisi A akan sama dengan nilai energi apel mekanik pada posisi B, namun bentuk energinya berubah. Maka, pada peristiwa jatuhnya apel ke tanah ini berlaku Hukum Kekekalan Energi yang bunyinya adalah sebagai berikut.

"Energi bersifat kekal, artinya energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, energi dapat berubah bentuk"

Pernyataan tersebut dinyatakan secara sederhana dengan persamaan berikut ini

$$\textit{Energi Awal} = \textit{Energi Akhir} \quad (6.14)$$

Sehingga yang terjadi pada apel jatuh sebenarnya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Energi Awal} &= \text{Energi Akhir} \\ \text{Energi pada posisi A} &= \text{Energi pada posisi B} \\ EP_A + EK_A &= EP_B + EK_B \\ EP_A + 0 &= 0 + EK_B \\ EP_A &= EK_B \end{aligned}$$

Jadi, pada peristiwa apel jatuh tersebut, energi potensial berubah bentuk menjadi energi kinetik. Perubahan bentuk energi seperti yang dialami oleh apel jatuh biasanya disebut dengan istilah konversi energi. Konversi energi dimanfaatkan manusia untuk menunjang pekerjaan manusia dalam memenuhi kebutuhannya sehari-hari.

Namun dalam kenyataannya, dalam konversi energi, energi akhir yang dihasilkan tidak seluruhnya terkonversi dalam bentuk energi yang diharapkan, sehingga energi akhir yang dihasilkan bisa terdiri atas dua, yaitu energi yang diharapkan (yang dapat dimanfaatkan) atau energi yang tidak diharapkan. Misalnya Kalian menjatuhkan bola basket ke lantai seperti pada **Gambar 6.3**.

Gambar 6.3. Bola basket memantul setelah bertumbukan dengan lantai tetapi tidak dapat mencapai ketinggian semula
Sumber: Kemendikbudristek/Wahyu N (2021)

Ketika bola berbenturan dengan lantai, timbul suara benturan bola dengan lantai, setelah itu bola memantul ke arah semula, namun tidak mencapai ketinggian awalnya.

Seberapa efektif energi yang dapat dimanfaatkan dinyatakan dalam persentase perbandingan antara energi yang dihasilkan (dapat dimanfaatkan) dengan energi yang diterima atau biasa disebut dengan istilah efisiensi. Secara sederhana, efisiensi dinyatakan dalam persamaan berikut ini.

$$\eta = \frac{E_{dihasilkan}}{E_{diterima}} \times 100\% \qquad (6.15)$$

dengan

η = efisiensi energi (%)

$E_{dihasilkan}$ = energi yang dihasilkan (J)

$E_{diterima}$ = energi yang diterima (J)

Dalam kehidupan sehari-hari, energi tidak selalu dinyatakan dalam satuan SI, Joule. Satuan energi, kaitannya dengan daya, biasa dinyatakan dalam kilowatt.jam (kWh).

$$1 \text{ kWh} = 1.000 \text{ W} \times 60 \text{ menit}$$
$$1 \text{ kWh} = 1.000 \text{ W} \times 3.600 \text{ s}$$
$$1 \text{ kWh} = 3{,}6 \times 10^6 \text{ W.s}$$
$$1 \text{ kWh} = 3{,}6 \times 10^6 \text{ J}$$

Dalam kehidupan sehari-hari biasanya satuan kWh, digunakan untuk menghitung energi listrik yang digunakan beserta biaya yang harus dikeluarkan. Berikut ini contoh sederhana kegunaan perhitungannya dalam kehidupan sehari-hari.

Pada hari ini, televisi digunakan selama 3 jam. Televisi tersebut dihubungkan dengan sumber listrik dengan tegangan 220 V dan arus 2 A. Jika harga tiap kWh adalah Rp2.000, tentukanlah biaya penggunaan televisi tersebut.

Jawaban:

Energi yang terpakai untuk televisi selama 3 jam:

W = V.I.t

W = 220.2.3

W = 440.3

W = 1320 Wh

W = 1,32 kWh

Biaya yang dibutuhkan:

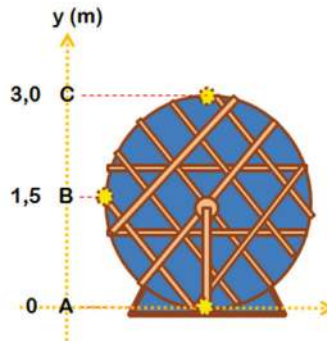
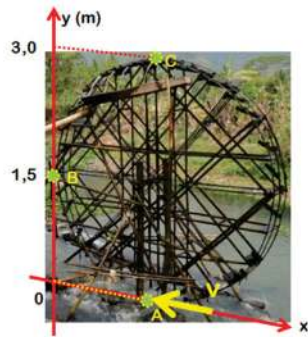
W × Rp2.000 = 1,32 × Rp2.000

W × Rp2.000 = 1,32 × Rp2.000

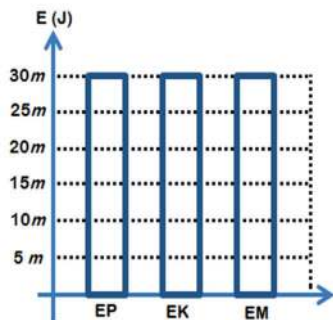
W × Rp2.000 = Rp2.640

Ayo Identifikasi

Kalian telah mempelajari bagaimana perubahan energi yang terjadi pada apel yang jatuh dari pohon. Ayo lakukan **Aktivitas 6.3**.

A. Cobalah untuk melakukan analisis seperti Kalian menelusuri perubahan energi yang terjadi pada kincir air. Terdapat tiga titik yang diamati pada kincir air bermassa m kg, yaitu titik A, B, dan C. Pada titik A, aliran air memberikan dorongan sehingga kincir air tersebut dapat berputar dengan kecepatan v_A sebesar $2\sqrt{15}$ m/s.

Bagaimana perubahan energi yang terjadi pada kincir air pada posisi A, B, dan C?

Jawaban dinyatakan dalam bentuk diagram batang yang diarsir sesuai besar energinya dengan diberikan penjelasan alasan menjawab.

Gambarlah tiga gambar diagram seperti gambar di bawah ini pada buku latihan Kalian

Ketiga diagram tersebut masing-masing untuk jawaban analisis energi pada posisi A, posisi B, dan posisi C.

B. Perhatikanlah deskripsi kegiatan percobaan berikut ini.

Sekelompok siswa melakukan percobaan mengenai energi yang hilang pada peristiwa koin bertabrakan dengan lantai. Percobaan ini dilakukan dengan cara menjatuhkan koin ke lantai pada ketinggian yang diubah, yaitu 1 m dan 2 m di atas lantai. Untuk satu ketinggian, dilakukan pengulangan pengambilan sampel data sebanyak tiga kali. Koin yang digunakan adalah koin Rp100. Alat ukur yang digunakan adalah meteran, sensor bunyi pada *smartphone*, dan aplikasi Phyphox. Prinsip kerjanya adalah sensor bunyi pada smartphone menangkap energi bunyi yang dihasilkan dari benturan koin dengan meja. Hasilnya adalah sebagai berikut.

Data Hasil Percobaan

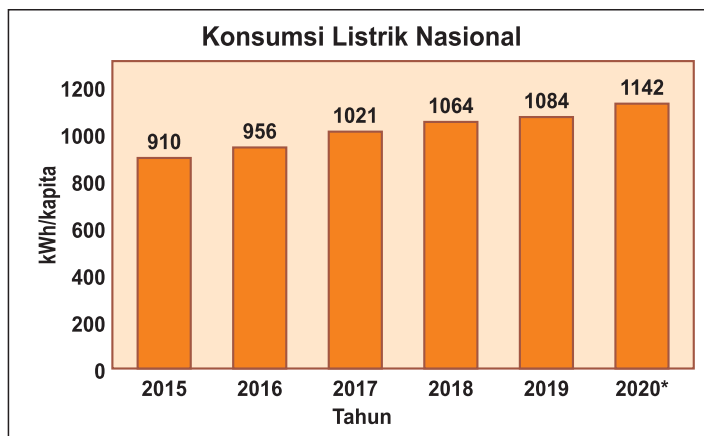
h (m)	Data 1	Data 2	Data 3
1	(In)elastic collision HEIGHTS ENERGY SETTINGS Energy 1 100.0 % Energy 2 14.0 % Retained on collision 2 14.0 %	(In)elastic collision HEIGHTS ENERGY SETTINGS Energy 1 100.0 % Energy 2 14.4 % Retained on collision 2 14.4 %	(In)elastic collision HEIGHTS ENERGY SETTINGS Energy 1 100.0 % Energy 2 14.6 % Retained on collision 2 14.6 %
2	(In)elastic collision HEIGHTS ENERGY SETTINGS Energy 1 100.0 % Energy 2 16.2 % Retained on collision 2 16.2 %	(In)elastic collision HEIGHTS ENERGY SETTINGS Energy 1 100.0 % Energy 2 15.6 % Retained on collision 2 15.6 %	(In)elastic collision HEIGHTS ENERGY SETTINGS Energy 1 100.0 % Energy 2 14.3 % Retained on collision 2 14.3 %

Dengan h merupakan ketinggian awal sebelum koin dijatuhkan, energi 1 merupakan energi sebelum tumbukan, dan energi 2 merupakan energi digunakan koin untuk memantul.

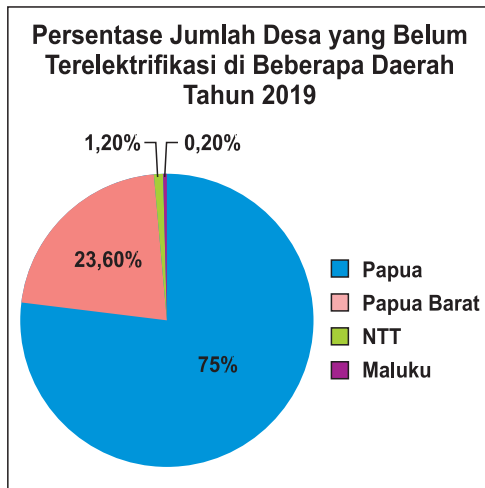
1. Tentukanlah variabel-variabel yang terlibat pada percobaan yang dideskripsikan di atas.
   a. variabel bebas.
   b. variabel terikat.
   c. variabel kontrol.
2. Tentukan bentuk energi yang terlibat pada deskripsi percobaan tersebut.
   a. Bentuk energi sebelum koin dilepaskan.
   b. Bentuk energi setelah koin jatuh dan menabrak lantai.

3. Kalian sudah menentukan bentuk energi yang terlibat pada peristiwa tersebut. Susunlah ke dalam persamaan Hukum Kekekalan Energi.
4. Tentukanlah rata-rata energi yang digunakan koin untuk memantul kembali ke arah semula pada peristiwa tersebut.
5. Tentukanlah rata-rata energi yang tidak digunakan koin untuk memantul kembali ke arah semula pada peristiwa tersebut.
6. Tentukanlah efisiensi energi dari peristiwa tersebut.

6.4. Urgensi Isu Kebutuhan Energi

Pada era teknologi industri dan digital ini, energi telah menjadi kebutuhan dasar untuk kelangsungan hidup manusia. Hal tersebut terjadi karena manusia sudah memiliki ketergantungan terhadap teknologi yang mempermudah pekerjaannya, sehingga kebutuhan energi ini sangat penting untuk dipenuhi. Dampaknya adalah kebutuhan akan energi listrik meningkat. Hal tersebut terlihat dari data yang ditampilkan pada **Gambar 6.4**.

Gambar 6.4. Grafik konsumsi energi listrik Indonesia tahun 2013 sampai 2019, dan target konsumsi energi listrik tahun 2020

Sumber: katadata.co.id/Kementerian ESDM (2020)

Masalah tidak hanya sampai pada bagaimana kebutuhan energi listrik dapat tercukupi, pada rapat terbatas yang diselenggarakan pada 3 April 2019 melalui *video conference*, Presiden Joko Widodo menyampaikan bahwa terdapat 433 desa di Indonesia yang belum mendapatkan aliran listrik. Secara lengkapnya, Kalian dapat melihat datanya pada **Gambar 6.5**.

Gambar 6.5. Persentase jumlah desa yang belum terelektrifikasi di Indonesia tahun 2019.

Sumber: katadata.co.id/Nova Wahyudi (2020)

Menurut Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Arifin Tasrif, dan Direktur Utama PLN, Zulkifli Zaini, faktor-faktor yang menjadi kendala elektrifikasi 433 desa tersebut adalah adanya hambatan di sisi keamanan, masalah infrastruktur karena berada di daerah terpencil, sehingga sumber-sumber energi pada desa tersebut yang harus dimanfaatkan.

Secara lengkap, Kalian dapat membaca informasinya pada link berikut ini.

https://katadata.co.id/happyfajrian/berita/5e9a41f6be793/terkendala-infrastruktur-dan-energi-433-desa-belum-teraliri-listrik

Berdasarkan hal-hal yang telah diulas di atas, Kalian dapat memahami bahwa Indonesia masih perlu mengeksplorasi potensi dan kekayaan alam untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dan mengupayakan ketersediaannya bagi daerah yang belum dialiri energi listrik.

Ayo Cari

Kalian sudah mengetahui masalah ketersediaan energi di Indonesia. Ayo lakukan **Aktivitas 6.4.**

Aktivitas 6.4

Carilah informasi mengenai pertumbuhan penduduk di Indonesia dari sumber terpercaya. Informasi dapat berupa grafik, tabel, dan lain-lain. Jelaskanlah kaitannya dengan data penggunaan energi listrik masyarakat Indonesia yang ditunjukkan pada **Gambar 6.4.**

6.5. Sumber Energi

Terdapat berbagai jenis sumber energi yang dapat dimanfaatkan saat ini.

1. **Energi dari Bahan Bakar Fosil**
   Bahan bakar fosil terbentuk dari proses ilmiah yang dialami oleh sisa-sisa hewan dan tanaman purba dalam kurun waktu yang sangat lama dengan orde jutaan tahun. Bahan bakar fosil tersusun atas senyawa Hidrokarbon. Contoh bahan bakar fosil adalah batubara, minyak bumi, gas alam, dan lain-lain.

2. **Energi Biogas**
   Energi biogas berasal dari limbah organik yang diolah melalui proses anaerobic digestion dengan bantuan bakteri tanpa oksigen, contohnya kotoran sapi, sampah dedaunan, dan sampah-sampah lain yang berasal dari organisme yang belum lama mati atau organisme hidup.

3. **Energi Air**
   Energi air merupakan salah satu energi paling banyak digunakan untuk keperluan pembangkit energi listrik, khususnya di Indonesia. Air ada dimana-mana, jumlahnya tidak pernah habis, dan tetap. Prinsip kerjanya adalah aliran air di permukaan Bumi dibendung kemudian dialirkan menuju ke tempat yang lebih rendah untuk memutar turbin sehingga menghasilkan energi listrik.

4. **Energi Angin**
   Energi angin merupakan sumber energi yang memanfaatkan angin untuk memutar kincir angin sehingga dihasilkan energi listrik.

5. **Energi Matahari**
   Energi matahari merupakan sumber energi yang memanfaatkan matahari untuk menyinari atau memberi energi pada perangkat lempengan logam sel surya, sehingga menghasilkan energi listrik.

6. **Energi Gelombang Laut**
   Energi gelombang laut atau ombak merupakan energi yang bersumber dari gerak naik turunnya gelombang air laut. Gerakan naik turun gelombang air tersebut memberikan tekanan pada turbin, hingga turbin dapat berputar dan mengahasilkan energi listrik. Sebagai negara maritim, Indonesia memiliki potensi tinggi yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi dari gelombang laut. Namun, sumber ini masih dalam taraf pengembangan di Indonesia.

7. **Energi Pasang Surut**

   Energi pasang surut merupakan energi yang bersumber dari proses pasang surut air laut. Terdapat dua jenis sumber energi pasang surut air laut, yaitu perbedaan tinggi rendah air laut saat pasang dan surut, dan arus pasang surut terutama pada selat-selat yang kecil. Tekanan yang dihasilkan oleh air laut memutar turbin sehingga menghasilkan energi listrik. Seperti energi gelombang laut, Indonesia sebagai negara maritim memiliki potensi dalam pemanfaatan energi pasang surut air laut, namun masih dalam taraf pengembangan.

8. **Energi Panas Bumi**

   Salah satu sumber energi yang dapat dikembangkan di Indonesia adalah geothermal atau panas bumi. Indonesia merupakan negara dengan sistem hidrotermal untuk sumber geotermal terbesar di dunia dengan potensi lebih dari 17.000 MW yang dapat menghemat 40 persen sumber daya panas bumi dunia.

Kondisi geologis Indonesia yang terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama (Lempeng Eurasia, Indo-Australia dan Pasifik) memberikan dampak banyaknya energi panas bumi di Indonesia. Indonesia menempati urutan keempat di dunia, bahkan dari variabel suhu tinggi, Indonesia menempati urutan kedua. Jumlah potensi energi panas bumi di Indonesia sangat besar yaitu lebih dari 252 lokasi yang tersebar di Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara, Bali, Sulawesi hingga Maluku.

6.6. Sumber Energi Terbarukan dan Sumber Energi Tak Terbarukan

Kalian telah memahami bahwa energi menjadi kebutuhan yang sangat penting bagi manusia di seluruh penjuru dunia saat ini. Bagaimana cara agar kebutuhan energi dapat terpenuhi? Bagaimana cara menekan penggunaan energi listrik yang berlebih? Untuk menyelesaikan masalah kebutuhan energi tersebut, seluruh potensi sumber energi yang ada perlu dimanfaatkan seoptimal mungkin.

Sumber energi dapat dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu sumber energi terbarukan dan sumber energi tak terbarukan.

Sumber Energi Terbarukan

Sumber energi terbarukan merupakan sumber energi yang dapat digantikan oleh proses alami dalam kurun waktu yang sebanding dengan penggunaannya, sehingga tidak akan pernah dapat habis.

Sumber Energi Tak Terbarukan

Sumber energi tak terbarukan merupakan sumber energi yang terbatas dan proses pergantiannya dalam kurun waktu yang sangat lama secara alami, sehingga pada akhirnya dapat habis.

Ayo Identifikasi

Kalian sudah membaca mengenai macam-macam sumber energi. Mari lakukan **Aktivitas 6.5**.

Aktivitas 6.5

Kelompokkanlah sumber-sumber energi pada materi 6.4 ke dalam dua kategori, yaitu energi terbarukan dan energi tak terbarukan.

Jelaskan kelebihan dan kekurangan dari energi terbarukan dan energi tak terbarukan.

Amatilah potensi energi yang ada di sekitarmu. Adakah potensi energi di sekitar tempat tinggalmu? Jelaskan bagaimana cara mengolahnya?

6.7. Dampak Eksplorasi dan Penggunaan Energi

Selain membahas tentang bagaimana cara memenuhi kebutuhan energi bagi seluruh masyarakat, dampak eksplorasi dan penggunaannya terhadap lingkungan pun menjadi hal penting yang perlu dipikirkan.

Sumber energi yang tidak ramah lingkungan dan pengolahannya menghasilkan sisa buangan berupa karbon yang merupakan salah satu gas rumah kaca. Hal lainnya yang perlu diperhatikan adalah terkait penggunaan energi. Penggunaan energi yang kurang bijak juga dapat menyebabkan kerusakan pada lingkungan.

Ayo Cari

Bisakah Kalian menjelaskan dampak-dampak eksplorasi energi dan penggunaan? Ayo, uji wawasan Kalian pada **Aktivitas 6.6**.

Kalian sudah menyimak analisis dari fakta eksplorasi energi dan salah satu dampaknya.

A. Carilah informasi mengenai:
   - Gambar diagram persentase gas rumah kaca yang dihasilkan oleh banyak sektor.
     Contoh: https://www.visualcapitalist.com/a-global-breakdown-of-greenhouse-gas-emissions-by-sector/
   - Gambar diagram jumlah konsumsi energi dunia dan energi listrik
     Contoh: https://www.worldenergydata.org/world-total-final-consumption/

   Tentukanlah:
   1. Informasi yang didapatkan dari kedua gambar diagram tersebut.
   2. Bagaimana hubungan antara data pada kedua diagram tersebut? Jelaskanlah.
   3. Kesimpulan apa yang didapatkan dari hubungan data pada kedua diagram tersebut?

B. Carilah informasi lebih lanjut tentang dampak-dampak eksplorasi energi. Jika perlu, tampilkan data-data pendukung yang bersumber dari sumber terpercaya. Dampaknya dapat ditinjau dari segi sosial, ekonomi, dan lingkungan.

C. Tidak hanya penggunaan energi pada berbagai sektor skala besar, penggunaan energi secara kurang bijak dalam kehidupan sehari-hari pun menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan. Buatlah daftar perilaku penggunaan energi yang kurang bijak dalam kehidupan sehari-hari beserta penjelasan dampaknya. Dampaknya dapat ditinjau dari segi sosial, ekonomi, dan lingkungan

6.8. Upaya Pemenuhan Kebutuhan Energi

Berbagai upaya telah dilakukan untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat, namun seluruh kebutuhan tersebut belum dapat terpenuhi seluruhnya, sehingga dampaknya dapat meluas pada bidang lainnya, seperti sosial, ekonomi, dan lingkungan.

Untuk mengatasi berbagai masalah pemenuhan kebutuhan energi, para pemimpin dunia, termasuk Indonesia, berkumpul dan bersepakat hingga dihasilkan sebuah program yang disebut *Sustainable Development Goals* (SDGs). Program tersebut berisi rumusan 17 target untuk mengatasi kemiskinan dan kesenjangan sosial, serta masalah lingkungan. Harapannya, target-target tersebut dapat dicapai pada 2030.

Salah satu program SDGs kaitannya dengan energi dan dampaknya pada lingkungan adalah SDG7, *affordable and clean energy*, yaitu memastikan ketersediaan energi yang ramah lingkungan bagi seluruh masyarakat.

Jika Kalian ingin menelusuri lebih lanjut mengenai SDGs:
https://sdgs.un.org/goals
https://www.sdg2030indonesia.org/

Ayo Buat

Kalian sudah mengetahui pentingnya sumber energi yang mudah didapatkan oleh masyarakat dan ramah lingkungan. Mari lakukan **Aktivitas 6.7**.

Carilah ide sumber energi yang dapat dimanfaatkan di sekitar Kalian. Berikut ini merupakan contoh sumber ide proyek sederhana yang dapat Kalian jadikan referensi:

- https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/science-projects/energy-power/high-school
- https://www.nrel.gov/docs/gen/fy01/30926.pdf

A. Tahap Awal

1. Adakah sesuatu yang dapat Kalian jadikan sumber energi sederhana? Hasil akhirnya tidak harus menjadi energi listrik, bisa juga menjadi bentuk energi lain yang dapat menekan penggunaan energi listrik.
2. Adakah alat yang dibutuhkan untuk mengelola sumber energi tersebut?
   a. Buatlah daftar alat dan bahan yang dibutuhkan untuk membuatnya (tidak harus jadi alat sebenarnya, bisa juga prototipe).

b. Tuliskan langkah-langkah cara membuatnya.
    c. Gambarkanlah desain alat yang dibuat.
3. Bagaimana prinsip kerja alat tersebut? Konsep fisika apa yang Kalian butuhkan dalam alat tersebut? Tuliskanlah teorinya dan jelaskan bagaimana konsep fisika tersebut diterapkan pada alat yang Kalian buat.
4. Bentuk konversi energi apa yang terjadi pada alat tersebut?
5. Bagaimana energi dapat dihasilkan dari alat atau bahan yang dapat dijadikan sumber energi tersebut?
6. Dapatkah energi masukan dan energi yang dihasilkan oleh alat tersebut dapat diketahui? Bagaimana caranya?
7. Adakah dampak yang dihasilkan dari alat yang Kalian rancang? Kalian dapat meninjaunya dari berbagai aspek misalnya lingkungan, sosial, dan ekonomi.

B. Tahap Uji Coba

Pertanyaan ini diisi ketika alat atau prototipe alat sudah selesai dibuat.

1. Kesulitan apa yang Kalian alami selama proses pembuatan alat atau prototipe alat yang Kalian buat?
2. Apakah kerja alat atau prototipe alat yang Kalian sudah berfungsi sesuai dengan yang diharapkan? Jelaskan.
3. Jelaskan hal-hal apa saja yang masih perlu diperbaiki atau dimodifikasi kembali dari alat atau prototipe alat yang Kalian buat.
4. Gambarkanlah rancangan perbaikan alat atau prototipe alat.

C. Tahap Akhir

Pertanyaan ini diisi ketika alat atau prototipe alat sudah diperbaiki.

1. Tuliskan hal apa saja yang sudah diperbaiki. Jelaskan.
2. Apakah kerja alat atau prototipe alat yang Kalian sudah berfungsi sesuai dengan yang diharapkan? Jelaskan.
3. Tuliskan beberapa keterbatasan yang masih ada pada alat atau prototipe alat yang Kalian buat.
4. Berikanlah saran-saran alat tersebut dapat bekerja lebih baik.

Lembar Refleksi Penggunaan Energi

Pilihlah nilai terbaik yang dapat mendeskripsikan kebiasaan Kalian dalam hal penggunaan energi pada pernyataan di bawah ini. Berilah tanda ceklis (✓) untuk jawaban yang dipilih.

No	Pertanyaan	4 selalu	3 sering	2 jarang	1 tidak pernah
1	Saya mematikan lampu ruangan sebelum meninggalkan ruangan.				
2	Pada malam hari, saya tidur dengan kondisi lampu ruangan kamar mati.				
3	Saya memilih untuk membeli alat elektronik yang hemat daya.				
4	Saya mematikan komputer setelah selesai menggunakannya.				
5	Pada malam hari, sebagian besar lampu di rumah dimatikan.				
6	Saya mencoba untuk menghemat penggunaan air.				
7	Saya memilih untuk jalan kaki atau bersepeda untuk pergi ke tempat yang jaraknya dekat.				
8	Saya memilih untuk menggunakan kendaraan umum untuk pergi ke tempat yang jaraknya jauh.				
Jumlah skor yang didapatkan					
25 – 32 = Saya perlu melanjutkan kebiasaan baik untuk hemat energi. 17 – 24 = Saya perlu meningkatkan lagi kebiasaan baik untuk hemat energi. 8 – 16 = Saya perlu belajar membangun kebiasaan baik untuk hemat energi.					

Tuliskanlah kebiasaan baik dalam hal penggunaan energi yang dapat Kalian bangun setelah mempelajari materi ini.

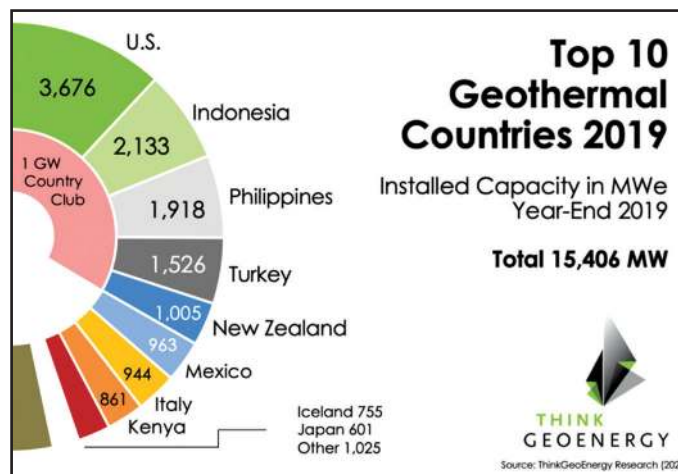
Lembar Refleksi Sikap terhadap Penggunaan Energi

Pilihlah nilai terbaik yang dapat mendeskripsikan sikap Kalian terhadap pernyataan di bawah ini. Berilah tanda ceklis (✓) untuk jawaban yang dipilih.

No	Pertanyaan	4 sangat setuju	3 setuju	2 tidak setuju	1 sangat tidak setuju
1	Materi tentang energi penting dipelajari di sekolah.				
2	Saya dapat lebih berperilaku hemat energi jika saya mengetahui bagaimana caranya.				
3	Sangat penting untuk berperilaku hemat energi.				
4	Saya tidak perlu mencemaskan penggunaan lampu, komputer, serta alat elektronik lainnya di sekolah, sebab sekolah telah membayarnya.				
5	Saya tidak perlu repot-repot memikirkan penghematan energi, karena teknologi baru akan lebih hemat energi.				
6	Penggunaan energi terbarukan di Indonesia perlu lebih ditingkatkan.				
7	Usaha untuk mengembangkan teknologi pengolah energi terbarukan lebih penting dibandingkan usaha mencari sumber energi fosil baru.				
8	Hukum mengenai perlindungan terhadap alam perlu dilonggarkan untuk dapat memaksimalkan eksplorasi sumber energi baru.				
9	Kotoran hewan di daerah peternakan perlu dimanfaatkan secara optimal untuk memproduksi lebih banyak biogas.				
10	Saya yakin bahwa keputusan dan tindakan yang saya pilih terkait penggunaan energi dapat memberikan dampak terhadap penyelesaian masalah energi.				

Sumber: Jan DeWaters, 2013. *Energy Literacy Survey*. Clarkson University, Potsdam, NY

Bacaan untuk pengerjaan soal nomor 1 sampai dengan 3.
Bacalah teks berikut ini.

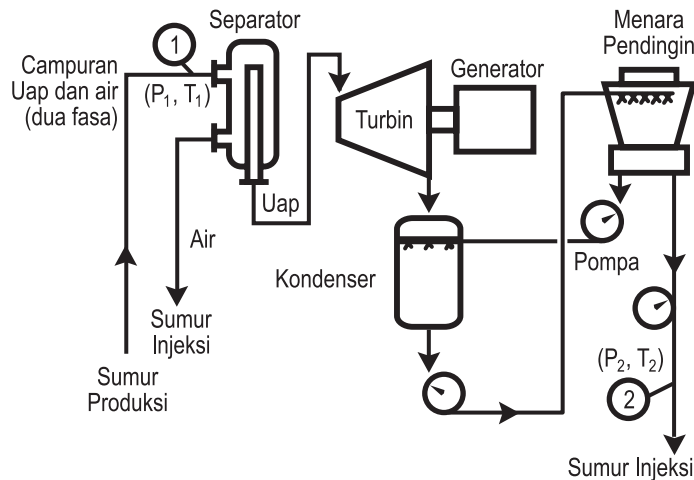
Potensi Geotermal Indonesia

Gambar 6.6. Sepuluh negara peraih peringkat penghasil energi listrik terbesar dari sumber panas bumi.

Sumber: thinkgeoenergy.com/ThinkGeo Energy Research (2020)

Indonesia merupakan salah satu negara yang dilalui oleh sabuk sirkum Pasifik atau yang biasa dikenal dengan istilah *Ring of Fire*. Ciri-ciri daerah yang dilalui oleh sabuk sirkum pasifik adalah memiliki banyak gunung api aktif dan sering terjadi aktivitas seismik. Berdasarkan data yang dirilis pada *lipi.go.id*, 13% dari gunung api di dunia berada di Indonesia, yaitu sebanyak 127 gunung api, dengan 58 gunung api diantaranya belum dipantau dengan peralatan seismik.

Salah satu keuntungan yang didapatkan Indonesia sebagai negara yang dilalui sabuk sirkum pasifik adalah banyaknya sumber panas bumi yang dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi.

Pada akhir tahun 2019, Indonesia berhasil meraih peringkat dua sebagai negara penghasil energi listrik dari sumber panas bumi di dunia. Dilansir dari *bekasi.pikiran-rakyat.com*, energi panas bumi yang telah dimanfaatkan baru 8,9% dari seluruh potensi panas bumi yang ada di Indonesia.

Bagaimana cara mengelola sumber panas bumi menjadi energi listrik? Cara kerja pembangkit listrik tenaga panas bumi ditunjukkan pada **Gambar 6.7** berikut.

Gambar 6.7. Skema pembangkit listrik tenaga panas bumi.
Sumber: undip.ac.id/Agus Purnomo Adi (2014)

Zat cair dan uap panas dari sumur produksi dialirkan menuju alat yang bernama separator, tujuannya untuk memisahkan uap panas dengan zat cair yang keluar dari sumur produksi. Zat cair tersebut dikeluarkan dari separator, sementara uap panas dialirkan menuju turbin.

Uap panas tersebut memutar turbin yang dihubungkan dengan generator. Generator merupakan alat pengubah energi gerak menjadi energi listrik. Listrik yang dihasilkan generator pembangkit dialirkan dan diolah kembali hingga dapat digunakan oleh masyarakat.

Setelah uap panas melewati turbin, uap panas dialirkan menuju menara pendingin untuk didinginkan. Ketika uap panas didinginkan terjadi kondensasi, sehingga uap panas berubah wujud menjadi air dan dialirkan kembali pada sumur produksi.

Jawablah pertanyaan berikut ini.

1. Tentukanlah pernyataan berikut benar atau salah

Pernyataan	Benar	Salah
Terdapat sekitar 977 gunung api di dunia.		
Sekitar 46% gunung api di Indonesia sudah dipantau dengan peralatan seismik.		
Prinsip kerja generator pembangkit listrik tenaga panas bumi sama dengan prinsip kerja dinamo mobil mainan yang menggunakan baterai untuk memutar roda.		
Indonesia memiliki potensi geotermal sekitar 23.966 MW.		

2. Pada teks tersebut, penulis menyatakan bahwa "*ciri-ciri daerah yang dilalui oleh sabuk sirkum pasifik adalah memiliki banyak gunung api aktif dan sering terjadi aktivitas seismik*". Pesan yang ingin disampaikan penulis pada pembaca melalui pernyataan tersebut adalah .....

   - ☐ Daerah yang dilalui oleh sabuk sirkum pasifik tidak layak dihuni.
   - ☐ Begitu banyaknya gunung api di daerah sabuk sirkum pasifik.
   - ☐ Masyarakat harus lebih waspada terhadap potensi bencana yang mungkin terjadi.
   - ☐ Gempa bumi tidak akan mungkin terjadi di daerah yang tidak dilalui oleh sabuk sirkum pasifik.

3. Berdasarkan skema **Gambar 6.7** dan penjelasan yang tersedia pada teks, alat-alat yang perlu disediakan pada pembangkit listrik tenaga panas bumi untuk menghasilkan energi listrik?

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2021

Ilmu Pengetahuan Alam
untuk SMA Kelas X

Penulis: Ayuk Ratna Puspaningsih, Elizabeth Tjahjadarmawan, Niken Resminingpuri Krisdianti
ISBN: 978-602-244-380-3

Bab 7
Keanekaragaman Mahkluk Hidup, Interaksi, dan Peranannya di Alam

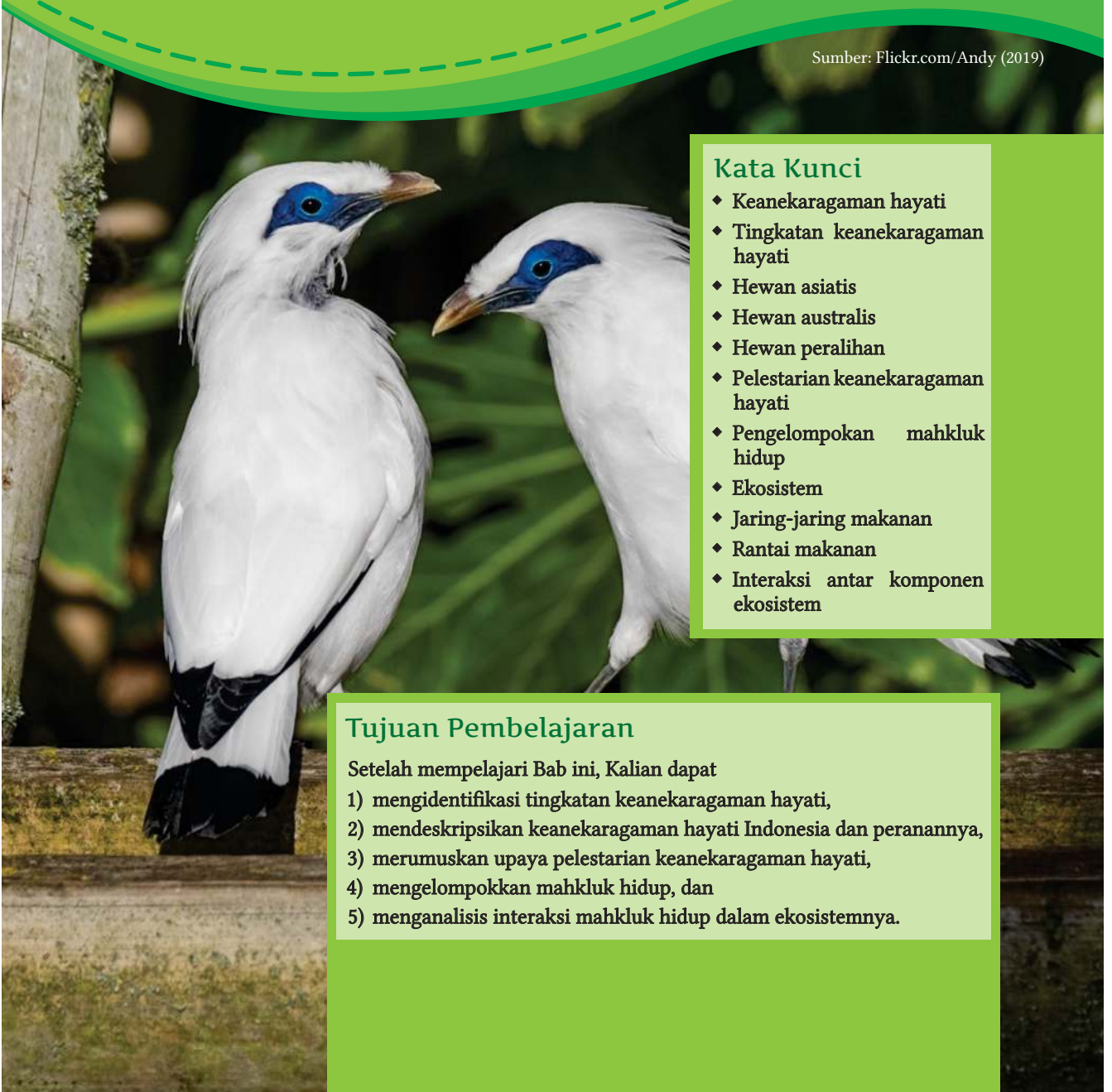
Sumber: Flickr.com/Andy (2019)

Kata Kunci

- Keanekaragaman hayati
- Tingkatan keanekaragaman hayati
- Hewan asiatis
- Hewan australis
- Hewan peralihan
- Pelestarian keanekaragaman hayati
- Pengelompokan mahkluk hidup
- Ekosistem
- Jaring-jaring makanan
- Rantai makanan
- Interaksi antar komponen ekosistem

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Bab ini, Kalian dapat

1) mengidentifikasi tingkatan keanekaragaman hayati,
2) mendeskripsikan keanekaragaman hayati Indonesia dan peranannya,
3) merumuskan upaya pelestarian keanekaragaman hayati,
4) mengelompokkan mahkluk hidup, dan
5) menganalisis interaksi mahkluk hidup dalam ekosistemnya.

Pernahkah Kalian melihat burung pada gambar halaman depan Bab 7? Gambar tersebut adalah sepasang burung jalak bali. Jalak bali merupakan hewan endemik yang hanya ada di Pulau Bali Bagian Barat tepatnya di Taman Nasional Bali Barat. Hewan endemik adalah spesies hewan alami yang hanya ditemukan di satu tempat dan tidak ditemukan di tempat lain. Burung ini memiliki bulu berwarna putih bersih diseluruh tubuhnya dan bulu hitam pada bagian sayap dan ekornya serta pelupuk matanya berwarna biru tua yang mengelilingi bola mata. Burung ini hidup dengan memakan cacing, serangga dan buah-buahan seperti juwet dan jambu, sehingga secara alami burung ini berperan sebagai pengontrol hama, pemencar biji dan sebagai pollinator.

Selain itu secara ekonomi, burung ini menjadi salah satu daya tarik wisatawan untuk berkunjung ke Bali. Sayangnya populasi Jalak bali mengalami penurunan jumlah, pada tahun 1984 tercatat sebanyak 125 – 180 ekor dan pada tahun 1990 tercatat 12-18 ekor. Banyak faktor alami dan non alami yang menyebabkan penurunan populasi burung ini, termasuk akibat aktivitas manusia. Itulah sebabnya burung ini merupakan burung yang dilindungi sejak tahun 1970 dan tidak diijinkan untuk dipelihara diluar habitat aslinya karena termasuk katagori hewan yang terancam punah. Sangat disayangkan jika kekayaan hayati Indonesia ini harus punah bukan? Pelestarian burung jalak bali harus dilakukan baik itu dengan mengurangi aktivitas manusia seperti perburuan maupun proses penangkaran untuk memperbanyak jumlah burung jalak bali.

Pada Bab 7 Kalian akan mempelajari keanekaragaman mahkluk hidup, manfaat keanekaragaman hayati dan perlunya melestarikan, pengelompokan mahkluk hidup dan peranan mahkluk hidup dalam ekosistem. Selama belajar bab ini Kalian akan mengerjakan proyek setahap demi setahap yang berkaitan dengan penyelidikan keanekaragaman hayati yang ada di daerah sekitar Kalian.

7.1. Keanekaragaman Hayati

Cobalah Kalian memperhatikan tanaman di taman. Amati bentuk daun, bentuk bunga, warna bunga, bentuk batang tanaman yang Kalian lihat. Apa yang Kalian temukan? Apakah semua tanaman yang Kalian lihat memiliki ciri-ciri yang sama? Mengapa ada keanekaragaman pada tumbuhan? Sebelum belajar lebih lanjut, ayo lakukan **Aktivitas 7.1**.

Ayo Mengamati

Cobalah Kalian pergi ke pasar terdekat, bisa pasar tradisional maupun supermarket. Amatilah dan catat sayur atau buah-buahan atau ikan apa yang dijual di pasar tersebut. Setelah mengamati, jawablah pertanyaan berikut

1. Ada berapa macam sayuran atau buah atau ikan yang Kalian temukan di pasar?
2. Adakah sayuran atau buah atau ikan yang Kalian kenal tetapi tidak Kalian temukan di pasar? Jika ada, sayuran atau buah apakah itu?
3. Apakah Kalian menemukan sayuran atau buah atau ikan yang jenisnya sama? Jika ya, sayuran atau buah apakah itu?
4. Apakah perbedaan yang ditunjukkan oleh buah atau sayuran atau ikan yang sejenis itu? Berdasarkan perbedaan itu apakah yang dapat Kalian simpulkan?
5. Berapa jeniskah sayuran atau buah atau ikan yang Kalian temukan?
6. Apakah perbedaan yang ditunjukkan oleh berbagai jenis sayuran atau buah atau ikan tersebut? Apa yang dapat Kalian simpulkan?

7.1.1. Pengertian Keanekaragaman Hayati

Keanekaragaman hayati berarti keberagaman yang ada pada mahkluk hidup. Keberagaman dapat ditemukan pada tingkatan gen, spesies dan ekosistem. Keanekaragaman pada mahkluk hidup ini terjadi akibat adanya faktor genetik atau keturunan dan perbedaan faktor lingkungan.

7.1.2. Tingkatan Keanekaragaman Hayati

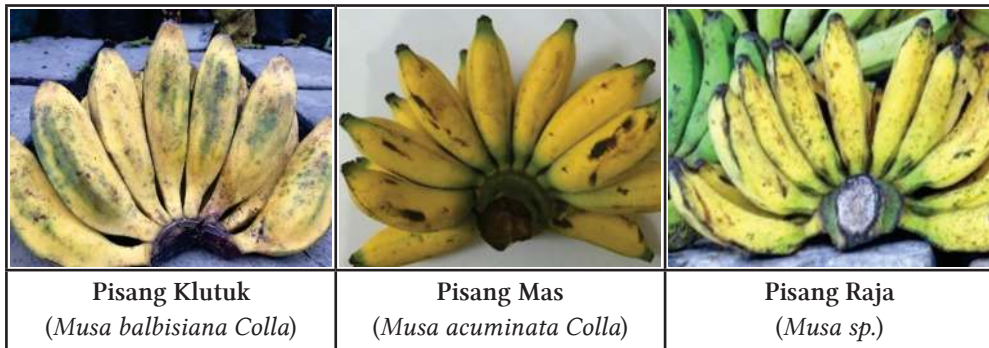
1. Keanekaragaman hayati tingkat gen

Masih ingatkah Kalian buah sejenis yang Kalian temukan pada **Aktivitas 7.1**? Mungkin diantara Kalian menemukan bahwa ada banyak varietas pisang yang Kalian lihat, seperti pisang susu dan pisang tanduk. Meskipun sama-sama merupakan pisang, tetapi bentuk, ukuran dan rasa pisang-pisang tersebut beranekaragam. Inilah yang disebut dengan keanekaragaman hayati tingkat gen. Keanekaragaman hayati tingkat gen adalah keanekaragaman yang ada dalam satu spesies.

Pisang Raja Sereh (*Musa sp.*)	Pisang Tanduk (*Musa sp.*)	Pisang Raja (*Musa sp.*)

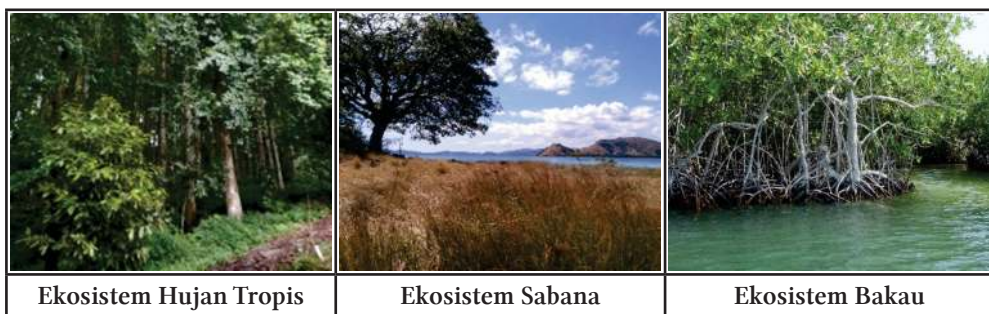
Gambar 7.1. Contoh Keanekaragaman hayati tingkat gen pada buah pisang.
Sumber: Kemendikbudristek/Puspaningsih (2021)

2. Keanekaragaman hayati tingkat jenis

Sebelumnya Kalian telah menemukan bahwa buah pisang dalam satu spesies dapat beranekaragam karena adanya variasi gen. Buah pisang pun sesungguhnya memiliki keanekaragaman tingkat jenis. Keanekaragaman hayati tingkat jenis adalah keanekaragaman hayati yang terjadi antar spesies. Coba Kalian perhatikan pisang klutuk, pisang mas, dan pisang raja. Meskipun ketiga-tiganya merupakan tanaman pisang, akan tetapi mereka berasal dari spesies yang berbeda. Masing-masing spesies pisang tersebut memiliki perbedaan bentuk buah, ukuran buah dan rasa buah.

Gambar 7.2. Contoh Keanekaragaman hayati tingkat jenis pada buah pisang.
Sumber: Kemendikbudristek/Puspaningsih (2021)

3. Keanekaragaman hayati tingkat ekosistem

Indonesia dengan bentang alamnya yang luas, memiliki beberapa ekosistem, seperti hutan hujan tropis, hutan bakau dan sabana. Hutan hujan tropis dihuni oleh tumbuhan yang beranekaragam mulai dari yang berukuran kecil hingga pohon besar. Selain itu di hutan hujan tropis juga hidup beranekaragam hewan. Hutan bakau terletak di rawa atau pinggir pantai dan hanya ditumbuhi oleh tanaman mangrove. Hewan yang biasanya hidup di hutan mangrove ini adalah ikan dan burung laut. Sedangkan sabana adalah wilayah yang didominasi oleh tanaman jenis rumput. Hewan yang hidup di dalamnya juga cenderung mamalia kecil dan burung.

Ketiga ekosistem tersebut memiliki perbedaan yang dapat dilihat dari jenis tanaman, jenis binatang, keadaan tanah, intensitas cahaya matahari dan curah hujan pada ketiga hutan tersebut. Perbedaan yang terjadi pada ketiga daerah ini disebut dengan keanekaragaman hayati tingkat ekosistem. Keanekaragaman hayati tingkat ekosistem adalah keanekaragaman hayati yang terjadi antar ekosistem.

Gambar 7.3. Contoh Keanekaragaman hayati tingkat ekosistem
Sumber: Kemendikbudristek/Puspaningsih (2021) dan Flicker.com/Eric Baker (2018)

7.1.3. Keanekaragaman Hayati Indonesia

Tahukah Kalian bahwa Indonesia termasuk negara yang memiliki keanekaragaman hayati tertinggi kedua setelah Brazil. Indonesia secara astronomis terletak 60 LU sampai 110 LS dan 95^{o} BT sampai 141^{o} BT sehingga Indonesia memiliki iklim tropis. Wilayah Indonesia memiliki curah hujan yang tinggi dan cahaya matahari sepanjang tahun. Keadaan inilah yang mendukung untuk hidupnya berbagai organisme, sehingga Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi.

Fauna Indonesia dapat dibagi menjadi 3 wilayah, wilayah barat (Sumatra, Kalimantan, Jawa dan pulau kecil di sekitarnya), wilayah tengah (Sulawesi dan Nusa Tenggara) dan wilayah timur (Papua dan pulau di sekitarnya). Hewan wilayah barat memiliki ciri-ciri yang sama dengan hewan yang ada di benua Asia sehingga disebut dengan hewan asiatis. Hewan asiatis biasanya berupa mamalia berukuran besar dan sedikit burung berbulu indah, contohnya gajah, badak dan orang utan. Hewan wilayah timur memiliki ciri-ciri seperti hewan di benua Australia sehingga disebut dengan hewan australis. Hewan australis biasanya berupa hewan mamalia berukuran kecil, hewan berkantong dan burung berbulu indah seperti kuskus dan cendrawasih. Berbeda halnya dengan hewan di wilayah tengah, hewan ini memiliki ciri-ciri peralihan antara hewan asiatis dengan hewan australis. Contoh hewan peralihan adalah Komodo, Anoa dan Maleo.

Indonesia juga kaya akan keanekaragaman tumbuhan, mulai dari lumut, paku hingga tumbuhan berbiji. Beberapa tumbuhan di Indonesia merupakan tumbuhan endemik yang tidak ditemukan di manapun di dunia. Dengan bentang alam Indonesia yang luas mungkin saja masih ada spesies tanaman yang belum teridentifikasi. Di antara tumbuhan yang sudah diidentifikasi baru sebagian kecil yang diketahui manfaatnya.

Berdasarkan data Badan Informasi Geospasial (BIG), Indonesia memiliki luas daratan 1.890.739 km^2 dan luas lautan 6.315.222 km^2. Dengan demikian wilayah Indonesia terdiri dari 76,96% lautan. Laut Indonesia juga memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi. Biota laut yang dimiliki beranekaragam, baik itu protista, tumbuhan ataupun hewannya. Masih banyak kekayaan laut Indonesia yang belum dieksplorasi dan bahkan belum dimanfaatkan.

Sungguh luar biasa kekayaan alam Indonesia bukan? Sungguh beruntung kita menjadi warga negara Indonesia. Kita harus bersyukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena lahir di negeri yang kaya akan keanekaragaman hayati. Berikut adalah gambaran kecil betapa Tuhan memberkahi Indonesia dengan keanekaragaman flora dan fauna, baik di daratan maupun di lautan.

Hewan Tipe Peralihan	Hewan Tipe Asiatis
Gambar 7.4. Anoa Sumber: Flickr.com/Greg Goebel (2012) Anoa (*Bubalus sp*) disebut pula kerbau kerdil yang merupakan hewan endemik di daerah Pulau Sulawesi dan Pulau Buton. Hewan ini suka berendam di lumpur, hidup soliter dan hanya akan bertemu dengan kawanannya jika si betina akan melahirkan.	**Gambar 7.5.** Badak jawa Sumber: Flickr.com/Alain Compost (2013) Badak jawa (*Rhinoceros sondaicus*) atau yang dikenal dengan badak bercula satu adalah salah satu badak jenis langka yang ada di dunia yang hidup di Taman Nasional Ujung Kulon.

Hewan Tipe Australis	
Gambar 7.6. Cendrawasih Sumber: Flickr.com/Reza Pratama (2009) Cendrawasih (*Paradisaea apoda*) disebut *bird of paradise* karena keindahan bulunya. Burung ini habitatnya di daerah Papua. Pada zaman dahulu bulu burung ini dijadikan hiasan sampai ke daratan Eropa.	

Flora Indonesia	
Gambar 7.7. Buah merah Sumber: Flickr.com/Muhammad Yusuf (2008)	**Gambar 7.8.** Cendana Sumber: Flickr.com/David Eickhoff (2009)
Tanaman buah merah (*Pandanus Conoideus*) yang dijadikan jamuan dalam pesta adat bakar batu oleh penduduk Wamena, Papua sebenarnya merupakan tanaman pandan-pandanan. Buah tanaman ini memiliki kandungan tokorefol dan betakarotin sebagai zat antioksidan. Tanaman ini dapat dijadikan obat anti kanker dan membantu meningkatkan imun tubuh penderita AIDS.	Wangi aroma cendana sudah tidak asing lagi bukan? Bahkan wangi cendana ini menjadi wewangian primadona di daerah eropa. Tanaman cendana (*Santalum album*) adalah tanaman asli Indonesia yang banyak ditemukan di Nusa Tenggara Timur.

Sebelum melanjutkan materi selanjutnya, mari sekarang Kalian lakukan sebuah proyek sederhana.

Proyek

Tahap 1. Mengidentifikasi Keanekaragaman Hayati

Lakukanlah observasi di sekitar tempat Kalian secara berkelompok. Buatlah daftar spesies tumbuhan yang bermanfaat yang ada di daerah Kalian. Untuk menambah informasi Kalian bisa melakukan wawancara dengan tokoh setempat tentang spesies yang ada di daerah Kalian dan melakukan telaah artikel di surat kabar atau media elektronik yang terpercaya.

7.1.4. Manfaat Keanekaragaman Hayati

Keanekaragaman hayati bukan hanya memberikan manfaat langsung kepada manusia namun juga sangat penting dalam mempertahankan keberlangsungan ekosistem. Sebagai contoh hutan hujan tropis dengan keanekaragaman hayatinya yang tinggi, lebih mendukung untuk kelestarian ekosistem dibandingkan dengan ekosistem pertanian yang monokultur

Seringkali kita mendengar bahwa ada hama tertentu yang menyerang padi misalnya wereng. Hal ini terjadi karena hanya ada satu jenis tanaman di sana yaitu padi. Ketiadaan predator alami wereng menyebabkan terjadinya ledakan populasi wereng sehingga populasi wereng meningkat tinggi. Selain itu, petani juga harus menambahkan pupuk pada lahan agar tanaman padi dapat tumbuh dengan subur. Berbeda dengan hutan hujan tropis, dengan adanya tanaman dan hewan yang beranekaragam maka kesempatan satu jenis hewan untuk meningkat populasinya dengan cepat menjadi berkurang. Begitu pula dengan daur materi yang berjalan secara alami tanpa campur tangan manusia. Daun, ranting yang telah mati akan jatuh ke tanah kemudian diurai oleh jamur dan mikroorganisme lain yang ada di dalam tanah, sehingga tidak perlu dilakukan pemupukan pada lahan hutan hujan tropis.

Manfaat Keanekaragaman Hayati	
Gambar 7.9. Kunyit Sumber: Flickr.com/Dewi Aisyah (2016)	**Gambar 7.10.** Tanaman Ulin Sumber: Flickr.com/Aditya Darmasurya (2016)
Kunyit (*Curcuma domestica*) banyak ditemukan di Indonesia dan biasa digunakan sebagai bumbu masakan. Kandungan kukurmin pada kunyit dapat meningkatkan imun tubuh lho! Selain itu kandungan vitamin dan antioksidannya dapat mencegah penuaan dini.	Tanaman ulin (*Eusideroxylon zwageri*) merupakan tanaman asli Pulau Kalimantan. Kayu tanaman ini tahan terhadap rayap, perubahan kelembapan dan suhu serta air laut, sehingga baik digunakan untuk pondasi bangunan dalam air, atap rumah, kusen dan pintu.

Selain berfungsi menjaga keseimbangan ekosistem, keanekaragaman hayati memiliki banyak manfaat lain bagi manusia. Keanekaragaman hayati merupakan sumber pangan, sandang, papan, obat-obatan, bahan kecantikan dan ekonomi bagi manusia. Selain itu juga sebagai sumber ilmu pengetahuan dan plasma nutfah dalam pengembangan varietas unggul dari sebuah spesies, seperti varietas unggul padi Indragiri yang berasal dari varietas lokal Barumun dan Rojolele.

7.1.5. Pelestarian Keanekaragaman Hayati Indonesia

Keanekaragaman hayati dapat mengalami penurunan baik karena faktor alam maupun akibat aktivitas manusia. Bencana alam, misalnya kebakaran hutan, merupakan salah satu faktor alam yang mengakibatkan kerusakan ekosistem yang dapat mengancam berkurangnya keanekaragaman hayati. Secara umum aktivitas manusia memiliki andil besar terhadap berkurangnya keanekaragaman hayati Indonesia.

Seringkali aktivitas manusia yang bertujuan untuk meningkatkan perekonomian malah mengancam keanekaragam hayati, misalnya alih fungsi lahan hutan hujan tropis menjadi perkebunan, pertanian, dan keperluan lainnya. Kegiatan-kegiatan tersebut mengakibatkan berkurangnya habitat beberapa mahkluk hidup yang hidup di hutan hujan tropis dan juga berakibat pada musnahnya spesies tertentu.

Contoh lain tentang kegiatan manusia yang mengancam berkurangnya keanekaragaman adalah penangkapan satwa untuk diperjualbelikan. Trenggiling adalah salah satu hewan yang diburu untuk obat tradisional. Kegiatan manusia ini tentulah mengancam populasi trenggiling ini bukan? Selain itu, masih banyak aktivitas manusia yang dapat menurunkan keaneakaragaman hayati seperti penyeragaman varietas tanaman dan ras hewan budidaya, penebangan hutan dan penggunaan pestisida.

Berbagai upaya dapat dilakukan untuk tetap menjaga kelestarian keanekaragaman hayati seperti hutan lindung, cagar alam dan taman nasional. Untuk mengatasi kelangkaan tanaman dapat dilakukan perbanyakan dengan kultur jaringan sedangkan untuk mengatasi kelangkaan hewan dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi kloning.

Ayo Menelaah

Bacalah intisari dua artikel berikut.

Intisari artikel 1 berjudul **Kultur Jaringan pada Pisang** yang ditulis oleh Ir. IGA. Maya Kurnia, M.Si

Pisang yang merupakan buah komoditas utama yang peminatnya tinggi di Bali dapat diperbanyak dengan menggunakan kultur jaringan. Kultur jaringan merupakan metode untuk mengisolasi sel, jaringan atau organ tertentu yang ditumbuhkan secara aseptis menjadi tumbuhan lengkap. Melalui metode ini 99% tanaman pisang dapat tumbuh.

Untuk membaca detail artikel ini silahkan Kalian mengakses link https://distan.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/kultur-jaringan-pada-pisang-35

Intisari artikel 2 berjudul **Zhong Zhong dan Hua Hua, Monyet Hasil Kloning Ini Akan Hidup Menderita?** yang ditulis oleh Akhyari Hananto.

Zhong Zhong dan Hua Hua adalah primata pertama yang berhasil dikloning oleh Ilmuan dari Cina. Monyet ini dikloning dengan metode yang sama dengan domba Dolly dengan 79 kali percobaan, dimana sepanjang proses percobaan sebanyak 79 monyet dibuat hidup dalam kondisi yang menyedihkan dan hidup dalam hitungan hari.

Untuk membaca detail artikel ini silahkan Kalian mengakses link https://www.mongabay.co.id/2018/01/30/zhong-zhong-dan-hua-hua-monyet-hasil-kloning-ini-akan-hidup-menderita/

Setelah membaca artikel tersebut, cobalah Kalian menjawab pertanyaan berikut.

1. Berdasarkan artikel tersebut apa kelebihan teknik kultur jaringan dalam mengatasi permasalahan langkanya tumbuhan tertentu?
2. Apa kelemahan penggunaan teknik kultur jaringan dalam mengatasi permasalahan langkanya tumbuhan?
3. Pada hewan juga dikenal teknik kloning. Menurut Kalian, apakah teknik kloning tepat digunakan sebagai salah satu cara mengatasi permasalahan langkanya hewan tertentu?

Setelah Kalian belajar tentang keanekaragaman hayati, ayo coba Kalian jawab pertanyaan berikut.

1. Bacalah intisari artikel yang berjudul **Populasi Bertambah, Kamera Pengintai Rekam 58 Badak Jawa Pada Tahun 2013** yang ditulis oleh Indra Nugraha.

   Hasil *monitoring* badak jawa tahun 2013 menyebutkan jumlah populasi sebanyak 58 ekor yang jumlahnya meningkat dari 2 tahun sebelumnya, dimana tahun 2012 populasi badak berjumlah 51 ekor dan tahun 2011 berjumlah 35 ekor. *Monitoring* ini dilakukan dengan 120 *camera trap* sehingga selain jumlah, dinamika populasi dan interaksi badak jawa dengan spesies lain juga dapat diamati. Data *monitoring* ini akan menjadi acuan dalam pengembangan *second habitat* untuk badak jawa.

   Untuk membaca detail artikel ini silahkan Kalian mengakses link https://www.mongabay.co.id/2014/03/04/populasi-bertambah-kamera-pengintai-rekam-58-badak-jawa-pada-2013/

   Berdasarkan artikel tersebut, jawablah pertanyaan berikut.

   a. Deskripsikan dalam bentuk grafik bagaimana populasi spesies badak jawa selama 5 tahun terakhir?

   b. Berdasarkan informasi pada artikel tersebut, buatlah prediksi badak Jawa pada 20 tahun mendatang!

   c. Apakah solusi yang dapat Kalian tawarkan untuk mengatasi penurun populasi badak jawa?

2. Seseorang peneliti melakukan penelitian untuk menentukan status suatu hewan endemik dalam keadaan langka atau tidak. Untuk itu peneliti tersebut harus menghitung populasi hewan tersebut di alam bebas. Pilihlah benar atau salah aktivitas yang dilakukan oleh peneliti tersebut!

Pernyataan	Benar	Salah
Meletakkan kamera di beberapa tempat, kemudian menganalisis gambar hewan yang terekam dengan parameter tertentu untuk menentukan spesies yang sama.		
Menghitung jumlah spesies pada beberapa wilayah tertentu kemudian menghitung total dari seluruh hasil hitungan.		
Memberi tanda pada spesies yang ditemui, hingga tidak menemukan spesies yang tidak memiliki tanda, kemudian menghitung jumlah tanda yang telah digunakan.		

7.2. Klasifikasi Mahkluk Hidup

Ketika Kalian pergi ke pasar atau supermarket, Kalian tentunya akan menuju bagian tertentu untuk menemukan barang yang akan Kalian beli. Coba Kalian bayangkan seandainya barang-barang di pasar atau supermarket tidak dikelompokkan. Tentu Kalian akan kesulitan menemukannya. Seperti itulah fungsi pengelompokan mahkluk hidup. Sebelum belajar lebih lanjut, ayo lakukan **Aktivitas 7.3.**

Ayo Mengelompokkan

Cobalah Kalian lihat bahan-bahan yang dijadikan bumbu masakan oleh ibumu. Catatlah jenis tanaman yang dijadikan bumbu dapur. Cobalah Kalian kelompokkan bumbu dapur tersebut. Setelah melakukan pengelompokan, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut

1. Bagaimanakah hasil pengelompokan yang Kalian buat?
2. Apa dasar pengelompokan yang Kalian buat?
3. Bagaimana Kalian mengelompokkan bumbu dapur tersebut?
4. Bandingkanlah hasil pengelompokan Kalian dengan teman yang lain. Manakah yang lebih baik, cara Kalian mengelompokkan atau cara teman Kalian?

7.2.1. Bagaimana Ahli Mengelompokkan Mahkluk Hidup?

Dalam sejarah pengelompokan mahkluk hidup, pada mulanya para ahli menggunakan dua skema dalam pengelompokan mahkluk hidup, yaitu klasifikasi buatan dan alami. Kedua klasifikasi ini sama-sama menggunakan ciri-ciri yang menonjol sebagai dasar klasifikasi tetapi berbeda dalam cara penetapan ciri-ciri tersebut. Pada klasifikasi buatan, dilakukan dengan cara memilih dengan bebas ciri-ciri pemersatu terlebih dahulu baru kemudian mengelompokkan organisme yang sesuai. Contohnya ketika melakukan pengelompokan dengan ciri pemersatu ada tidaknya sirip, maka paus akan dikelompokkan dengan ikan. Kelebihan dari klasifikasi ini adalah mudah untuk dikembangkan dan tidak mudah berubah, namun kelemahannya pengelompokannya tidak menunjukkan hubungan evolusioner.

Berbeda halnya dengan klasifikasi buatan, klasifikiasi alami pengelompokan organisme dilakukan berdasarkan kemiripan terlebih dahulu dan baru kemudian mengidentifikasi ciri-ciri yang dimiliki satu sama lain. Kelemahan klasifikasi ini adalah pengelompokannya berubah jika ditemukan informasi yang baru. Seperti pengelompokan gorilla, orang utan dan simpanse yang sebelumnya digolongkan pada famili pongidae tetapi sekarang digolongkan ke dalam famili hominidae. Begitupula alga, yang sebelumnya dikelompokkan dalam kingdom plantae, namun sekarang dikelompokkan pada kingdom protista.

Dalam perkembangannya muncul klasifikasi filogenetik. Klasifikasi ini digunakan untuk mengelompokkan organisme berdasarkan pada hubungan kekerabatan yang ditunjukkan pada materi genetis suatu organisme. Organisme yang memiliki tingkat persamaan yang lebih tinggi dalam urutan DNA atau asam nukleatnya dinilai memiliki hubungan yang lebih dekat.

Setelah memahami sistem pengklasifikasian mahkluk hidup, apakah jenis sistem yang Kalian gunakan dalam mengelompokkan mahkluk hidup pada **Aktivitas** 7.3?

7.2.2 Apa Saja Pengelompokan Mahkluk Hidup dan Peranannya?

Mari kita belajar lebih dalam lagi tentang pengelompokan mahkluk hidup, namun sebelum itu, lakukan terlebih dahulu **Aktivitas** 7.4.

Ayo Mengamati Keanekaragaman Hayati di Sekitar Kita

Siapkanlah alat dan bahan sebagai berikut.

1	Mikroskop cahaya/mikroskop stereo/lup	5	Air kolam/air rendaman jerami
2	Pipet tetes	6	Air
3	Objek dan *cover glass*	7	Lumut/paku/tanaman sekitar
4	Tempe	8	Semut

Langkah kerja

1. Ambillah setetes air kolam/air rendaman jerami, letakkan pada objek glass kemudian tutup dengan cover glass. Amati di bawah mikroskop dengan pembesaran 10X atau 40X. Gambarlah organisme yang Kalian temukan!
2. Ambillah tempe, kemudian amati di bawah mikroskop stereo atau amati dengan lup. Gambarlah organisme yang Kalian lihat!
3. Ambillah lumut/paku/tanaman, kemudian amati di bawah mikroskop stereo atau amati dengan lup. Gambarlah organisme yang Kalian lihat!
4. Ambillah semut, kemudian amati di bawah mikroskop stereo atau amati dengan lup. Gambarlah organisme yang Kalian lihat!

Pertanyaan:

1. Bagaimanakah pengelompokan yang Kalian lakukan terhadap makhluk hidup yang telah Kalian amati?
2. Berdasarkan hasil pengamatan Kalian tergolong kingdom apakah organisme yang Kalian amati? Mengapa?
3. Apakah ciri-ciri kingdom dari organisme yang Kalian amati!
4. Apakah peranan masing-masing organisme yang Kalian amati?

Monera	Protista
Gambar 7.11. E. coli Sumber: Flickr.com/NIH Image Galery (2016)	**Gambar 7.12.** Paramesium Sumber: Flickr.com/Rick (2017)
Organisme ini terkenal dengan sebutan Bakteri dan berada di mana-mana, bahkan ditemukan juga dalam rongga mulut dan saluran pencernaan lho!. Monera juga ditemukan di daerah paling ekstrim dimana mahkluk hidup tidak bisa bertahan hidup. Monera adalah organisme mikroskopis dan memiliki tipe sel prokaryotik. Monera diketahui banyak menyebabkan penyakit, seperti bakteri *Mycobacterium tuberculose* yang menyebabkan TBC, *Salmonella thyposa* yang menyebabkan tifus. Meskipun demikian beberapa dari organisme ini menguntungkan bagi manusia, seperti *Lactobacillus*.	Organisme ini dikelompokkan menjadi satu karena belum memiliki jaringan yang terdiferensiasi, ukurannya ada yang mikroskopis dan ada yang makroskopis. Beberapa spesies dari protista merugikan karena dapat menimbulkan penyakit seperti *Entamoeba histolytica* yang menyebabkan diare dan Plasmodium yang menyebabkan penyakit malaria. Meskipun demikian banyak juga spesies dari kelompok ini menguntungkan bagi manusia seperti *Chlorella* sebagai bahan dasar pembuatan PST (protein sel tunggal) dan *Gellidium* sebagai bahan dasar pembuatan agar-agar.

Fungi	
 Gambar 7.13. Jamur tempe Sumber: Flickr.com/Kyle Stangline (2014)	Merupakan organisme eukaryotik bersel tunggal atau banyak yang dinding selnya tersusun atas kitin. Jamur hidup dengan menguraikan sampah organik menjadi bahan anorganik. Jamur multiseluler biasanya memiliki hifa dan berkembang biak dengan menggunakan spora. Jamur bermanfaat bagi kehidupan manusia seperti *Rhizopus stolonifer* yang berperan dalam pembuatan tempe dan yang menghasilkan antibiotik. Akan tetapi banyak juga jamur yang merugikan seperti *Microsporum sp.* menyebabkan kurap atau panu dan *Candinda albicans* yang menginfeksi vagina.

Plantae	Animalia
Gambar 7.14. Lumut Foto: Kemendikbudristek/Puspaningsih (2021)	**Gambar 7.15.** Semut Rangrang Foto: Kemendikbudristek/Puspaningsih (2021)
Plantae atau tumbuhan adalah organisme yang mampu melakukan fotosintesis karena memiliki kloroplas dalam selnya. Plantae dibagi menjadi 3 kelompok yaitu lumut, paku dan tanaman berbiji. Tumbuhan secara umum memiliki banyak manfaat bagi kehidupan manusia, mulai dari bahan pangan, sandang, papan, obat-obatan, kecantikan dan estetika.	Animalia atau hewan adalah kelompok organisme multi seluler yang bersifat heterotrof. Sel pada kingdom animalia merupakan sel eukaryotik yang tidak memiliki dinding sel. Animalia terdiri atas banyak spesies, mulai dari yang sederhana hingga ke yang kompleks, seperti porifera, coelenterate, platyhelminthes, nemathelminthes, annelida, arthropoda, moluska, Echinodermata dan chordata. Seperti halnya plantae, animalia juga memiliki banyak manfaat bagi kehidupan manusia dan tidak jarang juga yang merugikan.

Tahap 2. Mengidentifikasi Kelompok

Setelah Kalian selesai mengidentifikasi spesies mahkluk hidup pada kegiatan **Proyek Tahap 1**, maka pilihkah satu saja spesies yang menarik untuk Kalian pelajari. Indentifikasilah kelompok spesies tersebut dalam sistem klasifikasi 5 Kingdom dan ciri-ciri spesies tersebut. Kalian juga bisa melakukan kajian literatur tentang spesies tersebut.

Setelah Kalian belajar tentang klasifikasi mahkluk hidup, ayo coba jawab pertanyaan berikut.

1. Pada suatu hari Kalian pergi mendaki ke puncak gunung. Selama perjalanan, Kalian menemukan beberapa tanaman, seperti lumut, paku, ilalang, pinus dan cemara. Jika diminta untuk melakukan pengelompokan pada tanaman itu dengan menentukan ciri pemersatu yang Kalian pilih, bagaimanakah hasil pengelompokanmu? Apa yang menjadi dasar pengelompokan yang Kalian lakukan?

2. Bacalah intisari artikel yang berjudul **Mikoriza** yang ditulis oleh Wikipedia Contributor.

   Mikoriza adalah fungi yang bersimbiosis dengan akar tumbuhan. Mikoriza memerlukan tumbuhan untuk melengkapi siklus hidupnya sedangkan beberapa tumbuhan tergantung pertumbuhannya pada mikoriza, semaian pinus contohnya yang gagal tumbuh jika pada akarnya tidak terdapat mikoriza.

   Untuk membaca detail artikel ini silahkan untuk mengakses link https://id.wikipedia.org/wiki/Mikoriza

   Setelah Kalian memahami artikel tersebut, jawablah pertanyaan berikut.

   a. Tentukan apakah pernyataan berikut benar dan salah!

Pernyataan	Benar	Salah
Mikoriza merupakan simbiosis mutualisme antara fungi dengan akar tumbuhan.		
Semaian pinus tumbuh dengan baik saat dipindahkan jika ada mikoriza pada akarnya.		
Pada mikoriza, fungi yang mengkolonisasi ke dalam, permukaan dan di sekitar akar membantu dalam memperluas penyerapan unsur hara.		

   b. Seorang peneliti meneliti pertumbuhan bibit tanaman mangga dengan mengukur tingginya tanaman setiap hari. Dalam penelitian tersebut, ia juga mengamati tinggi bibit mangga yang diberikan mikoriza dan tanaman tanpa mikoriza.

Berdasarkan informasi tersebut, apakah variabel bebas dan terikatnya?

....

Cobalah susun hipotesis untuk percobaan tersebut!

....

Tentukan apakah pernyataan berikut benar atau salah?

Pernyataan	Benar	Salah
Tujuan penelitian ini adalah ingin mengetahui efektifitas mikoriza dalam pertumbuhan bibit mangga.		
Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu cara meningkatkan pertumbuhan bibit tanaman mangga.		
Peneliti ingin membandingkan pertumbuhan bibit mangga di tempat kering dengan tempat lembab.		

c. Menurut Kalian apakah mikoriza ini dapat digunakan di daerah pertanian? Mengapa?

7.3. Mahkluk Hidup dalam Ekosistem

Cobalah Kalian perhatikan lingkungan di sekitar Kalian. Kalian akan menemukan bahwa satu jenis spesies akan tergantung pada spesies lainnya. Contohnya, lebah mengisap nektar bunga untuk dijadikan madu, sedangkan tanaman memerlukan lebah untuk membantu proses penyerbukan sehingga tanaman dapat memperbanyak diri melalui biji. Seperti itulah mahkluk hidup dalam ekosistemnya. Mahkluk hidup harus berinteraksi dengan mahkluk hidup lainnya dan juga dengan lingkungan sekitarnya untuk bertahan hidup. Apa itu ekosistem? Seperti apa interaksi yang terjadi? Sebelum belajar lebih lanjut, ayo lakukan **Aktivitas** 7.5.

Aktivitas 7.5

Ayo Mengamati Lingkungan

Siapkanlah alat dan bahan sebagai berikut

1. Thermometer
2. Lux meter

Langkah kerja

1. Pergilah ke suatu ekosistem yang ada di sekitar rumahmu, seperti sawah, kolam atau kebun secara berkelompok.
2. Ukurlah suhu dan intensitas cahaya dengan alat *thermometer* dan *lux meter.*
3. Catatlah benda tak hidup dan mahkluk hidup yang ditemukan dalam bentuk tabel! Jika memungkinkan catat jumlahnya.
4. Amati interaksi yang terjadi antar makhluk hidup.

Pertanyaan:

1. Buatlah rantai makanan dan jaring-jaring makanan yang terjadi pada ekosistem tersebut.
2. Bagaimanakah interaksi antar komponen biotik dan antara komponen biotik dengan abiotik dalam ekosistem tersebut?

7.3.1 Apa Itu Ekosistem?

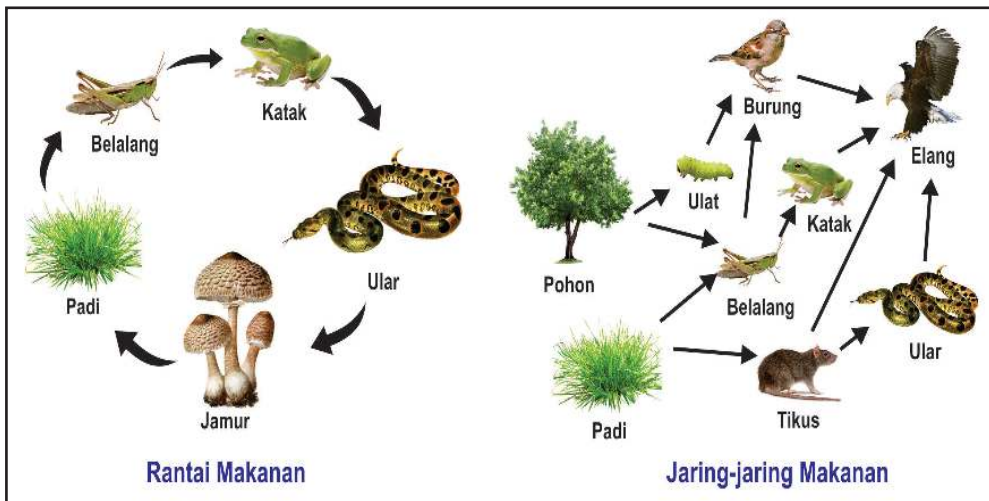
Istilah "Ekosistem" pertama kali digunakan oleh Tansley, seorang ahli botani Inggris, pada tahun 1935. Ekosistem adalah unit struktural dan fungsional ekologi dimana organisme hidup berinteraksi satu sama lainnya dan dengan lingkungan sekitarnya. Setiap ekosistem memiliki ciri khas karena adanya perbedaan komponen biotik (mahkluk hidup) dan abiotik (tak hidup).

7.3.2 Interaksi Antar Komponen Ekosistem

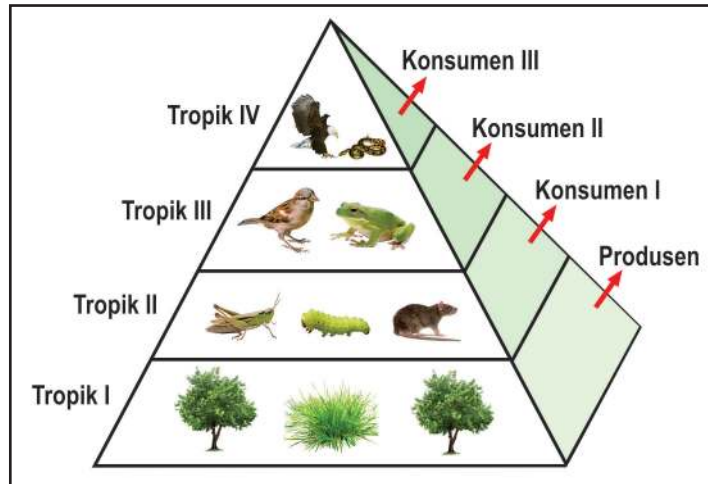
Dalam Ekosistem, komponen biotik (mahkluk hidup) dan abiotik (komponen tak hidup) saling berhubungan melalui siklus materi dan aliran energi. Siklus materi adalah perputaran materi yang terjadi diantara komponen ekosistem. Materi yang dimaksud adalah senyawa kimia penyusun tubuh mahkluk hidup seperti air, karbon, oksigen, nitrogen dan sulfur. Senyawa kimia tersebut berpindah dari komponen biotik ke abiotik dan kembali lagi ke komponen biotik.

Berbeda halnya dengan energi. Di ekosistem energi mengalir dan tidak kembali. Energi matahari ditangkap oleh tumbuhan, kemudian energi tumbuhan digunakan oleh konsumen tingkat pertama, konsumen tingkat

kedua, dan begitu seterusnya. Dari satu tingkat tropik ke tingkat tropik berikutnya, energi yang berpindah hanya sekitar 10% dari sumber energi yang diperoleh karena sisanya terbuang dalam bentuk panas. Berdasarkan hukum kekekalan energi, energi hanya berubah bentuk, tidak dapat dimusnahkan dan tidak dapat diciptakan. Di ekosistem energi panas tidak dapat dimanfaatkan kembali oleh produsen sehingga energi tidak kembali lagi ke ekosistem.

Pada eksosistem terjadi peristiwa makan dan dimakan yang disebut dengan rantai makanan. Rantai makanan ini saling berkaitan sehingga membentuk jaring-jaring makanan (lihat **Gambar 7.17**).

Gambar 7.16. Rantai Makanan dan Jaring Makanan

Piramida makanan adalah diagram yang menampilkan susunan tingkat tropik satu dengan tingkat tropik berikutnya berdasarkan jumlah atau masa atau jumlah energi pada setiap tropiknya. Tingkat tropik adalah posisi organisme dalam rantai makanan atau jaring makanan. Tingkat tropik I adalah produsen seperti tumbuhan, tingkat tropik II adalah konsumen I yang memakan produsen sedangkan tingkat tropik III adalah konsumen II yang memakan konsumen I.

Berikut adalah contoh piramida energi. Pada piramida energi, ukuran setiap blok (tropik I, II dst.) menunjukkan energi yang dimiliki oleh tingkatan tropik tersebut. Dengan demikian dapat diketahui bahwa tingkat tropik I memiliki jumlah energi yang lebih besar dari tingkat tropik II, begitu pula selanjutnya.

Gambar 7.17. Piramida Energi

Interaksi antar mahluk hidup yang dapat terjadi dalam sebuah ekosistem dapat dikelompokkan sebagai berikut.

1. **Predasi** yaitu hubungan antara predator dengan mangsanya. Hubungan antara tikus dan ular adalah contoh predasi.
2. **Kompetisi** yaitu hubungan persaingan, seperti hubungan antara pohon dan rumput yang bersaing mendapatkan unsur hara dan air di dalam tanah.
3. **Netral** yaitu hubungan tidak saling mengganggu. Contohnya adalah interaksi pohon dengan ular.
4. **Simbiosis** yaitu interaksi dua jenis mahkluk hidup yang hidup bersama. Interaksi simbiosis ini ada yang interaksinya saling menguntungkan (simbiosis mutualisme), ada yang dalam interaksinya satu organisme mengalami kerugian sedangkan yang lainnya mengalami keuntungan (simbiosis parasitisme) dan ada yang dalam interaksinya satu organisme mengalami keuntungan sedangkan yang lainnya tidak mengalami kerugian ataupun keuntungan (simbiosis komensalisme).
5. **Antibiosis** yaitu interaksi dua jenis mahkluk hidup dimana salah satu mahkluk hidup tersebut mengeluarkan racun untuk membunuh mahkluk hidup lainnya. Seperti interaksi antara jamur Penicillium dengan bakteri, dimana jamur ini mengeluarkan antibiotik yang dapat membunuh bakteri.

Berdasarkan jenis interaksi tersebut, dapatkah Kalian mengidentifikasi interaksi yang terjadi antar komponen biotik yang Kalian temukan pada **Aktivitas** 7.5?

Dalam ekosistem, interaksi bukan hanya antar komponen biotik namun juga interaksi antara komponen biotik dan abiotik misalnya hubungan antara tanah dan pohon. Pohon memperoleh unsur hara yang diperlukan untuk tumbuh dari dalam tanah. Disisi lain daun, ranting pohon yang telah kering dan dibusukkan dapat menambah unsur hara yang ada di dalam tanah.

Jika interaksi-interaksi ini terjadi secara dinamis maka ekosistem berada dalam keseimbangan. Keseimbangan ekosistem ini perlu dipertahankan untuk keberlangsungan hidup mahkluk hidup didalamnya. Gangguan pada keseimbangan ekosistem akan memberikan dampak yang buruk. Coba Kalian perhatikan rantai makanan pada **Gambar 7.17**, jika belalang kita musnahkan dalam ekosistem itu, maka predatornya yaitu katak akan mengalami penurunan jumlah sedangkan tanaman padi akan meningkat jumlahnya karena organisme yang memakannya berkurang jumlahnya.

Ayo Berlatih

Setelah Kalian belajar tentang mahkluk hidup dalam ekosistem, ayo coba dijawab pertanyaan berikut.

Seorang peneliti melakukan pengamatan pada suatu area di pinggir danau. Dia menemukan enceng gondok, siput, ketam, ikan dan berang-berang. Jika dia melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh ketam terhadap populasi siput dengan mencoba membandingkan jumlah populasi siput pada wilayah yang ada ketam dengan yang tidak ada ketam. Tentukanlah benar atau salah pernyataan tentang penelitian tersebut.

Pernyataan	Benar	Salah
Peneliti bermaksud mengidentifikasi interaksi yang terjadi antara ketam dengan siput.		
Hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar untuk memprediksi populasi enceng gondok.		

Tahap 3. Kampanyekan Proyek

Setelah Kalian menemukan kelompok dan karakteristik dari spesies pilihan Kalian pada **Proyek Tahap 2**, lakukanlah kajian literatur tentang peranan spesies tersebut bagi kehidupan manusia (secara sosial, lingkungan dan ekonomi). Setelah itu buatlah solusi bagaimana caranya supaya spesies ini dimanfaatkan secara bijak sehingga keseimbangan ekosistem tetap terjaga. Laporkan dan kampanyekan hasil proyek Kalian dalam bentuk tulisan atau lisan di media sosial Kalian.

- Keberagaman makhluk hidup memiliki peranan penting dalam keseimbangan ekosistem.
- Keanekaragaman hayati adalah keberagaman yang terjadi pada mahkluk hidup yang menunjukkan adanya variasi gen, spesies dan ekosistem pada suatu daerah.
- Keanekaragaman hayati bermanfaat untuk sandang, pangan, papan, obat-obatan, kecantikan, plasma nutfah dan keseimbangan eksositem
- Pengelompokan mahkluk hidup dilakukan berdasarkan persamaan dan perbedaan ciri morfologi, anatomi dan fisiologi dari mahkluk hidup.
- Interaksi antar komponen ekosistem secara dinamis akan mempertahankan keseimbangan ekosistem.
- Pemanfaatan keanekaragaman hayati dengan bijak adalah salah satu upaya dalam melestarikan keanekaragaman hayati.

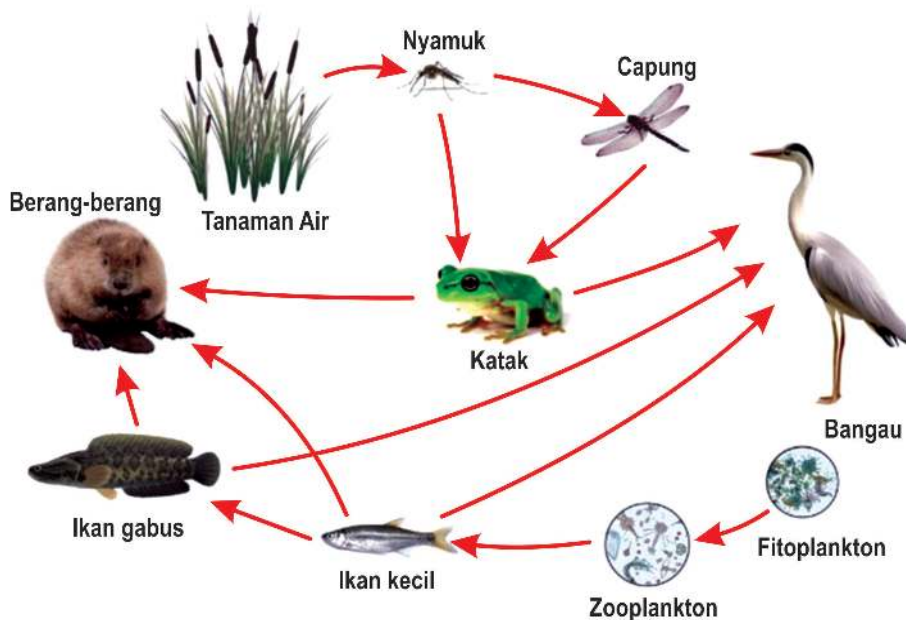
Ayo Refleksi

Setelah Kalian mempelajari **Bab** 7, pelajaran apa yang dapat Kalian ambil?

Bagaimanakah sebaiknya Kalian bersikap terhadap mahkluk hidup lainnya?

Ayo Cek Pemahaman

Jawablah pertanyaan berikut.

1. Ketika Rina pergi ke pasar, dia membeli beberapa binatang untuk dikonsumsi yaitu belut, ayam, lele, sapi, bebek dan ikan. Sesampainya di rumah Rina mengelompokkan binatang tersebut agar mudah untuk mengatur menunya. Buatlah pengelompokan sederhana untuk binatang tersebut! Bagaimana cara Kalian mengelompokkannya?
2. Perhatikan jaring makanan makanan berikut.

Gambar 7.18. Jaring makanan

Berdasarkan jaring makanan tersebut, jawablah pertanyaan berikut.

a. Tentukanlah apakah pernyataan berikut benar atau salah.

Pernyataan	Benar	Salah
Berang-berang dan bangau berkompetisi untuk mendapatkan makanan.		
Jika ikan gabus dihilangkan pada jaring-jaring makanan tersebut maka populasi ikan kecil akan meningkat tajam.		
Ikan kecil dan capung merupakan organisme pada tingkatan tropik 3.		

b. Seorang peneliti meneliti tentang jaring-jaring makanan tersebut, kemudian mencoba untuk membuat sebuah piramida jumlah dari jaring-jaring makanan tersebut. Tentukanlah benar atau salah aktivitas yang dilakukan oleh peneliti tersebut.

Aktivitas	Benar	Salah
Menghitung jumlah masing-masing organisme pada tingkatan tropiknya.		
Menimbang berat kering organisme pada masing-masing tingkatan tropik.		
Menggambar ukuran blok sesuai dengan jumlah organisme pada tingkatan tropiknya.		

Bacalah intisari artikel yang berjudul **Daur Biogeokimia**.

Daur biogeokimia adalah siklus senyawa yang berasal dari komponen abiotik ke komponen biotik dan kembali lagi ke komponen abiotik. Ada beberapa jenis daur biogeokimia yaitu daur karbon, daur nitrogen, daur air, daur posfor dan daur belerang. Setiap organisme memiliki peran yang berbeda dalam setiap daur tersebut.

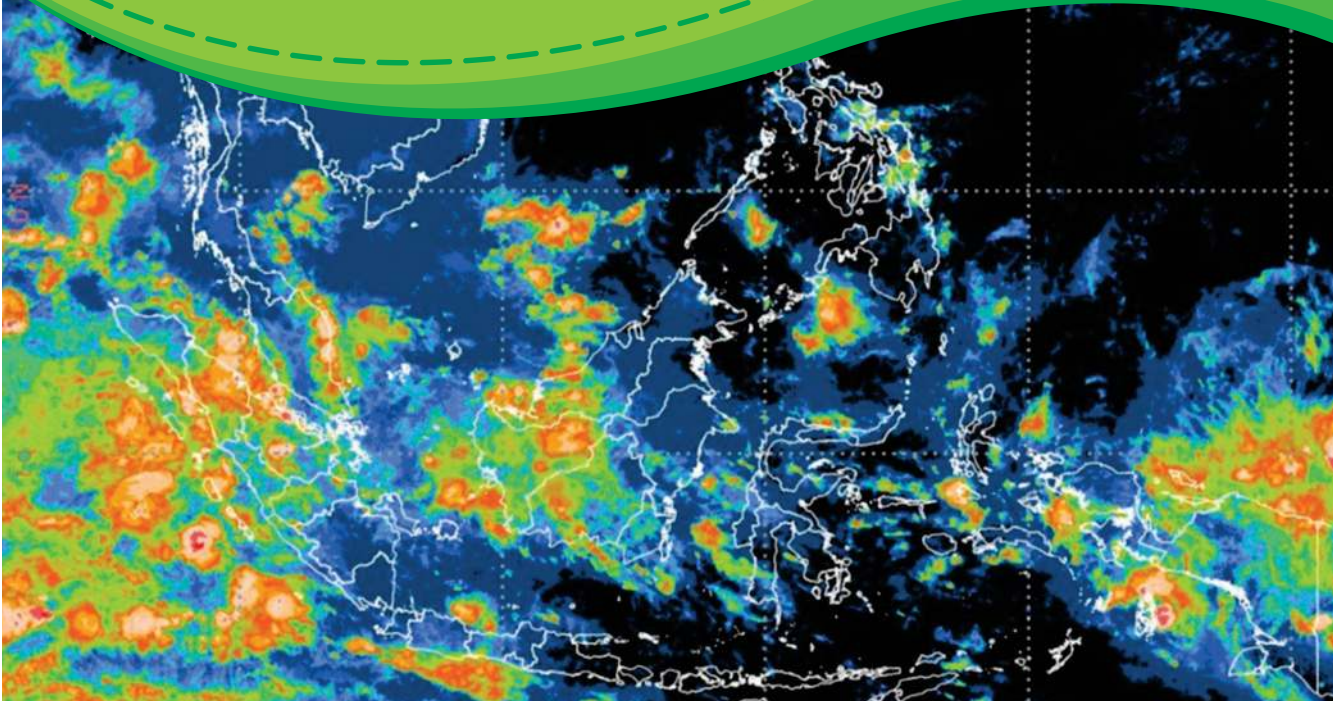
Untuk membaca detail artikel ini silahkan Kalian mengakses link https://id.wikipedia.org/wiki/Daur_biogeokimia

Secara berkelompok, analisislah peranan produsen dan konsumen dalam setiap daur materi.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2021

Ilmu Pengetahuan Alam
untuk SMA Kelas X

Penulis: Ayuk Ratna Puspaningsih, Elizabeth Tjahjadarmawan, Niken Resminingpuri Krisdianti
ISBN: 978-602-244-380-3

Bab 8 Pemanasan Global: Konsep dan Solusi

Kata Kunci

- Perubahan lingkungan
- Pemanasan global
- Kenaikan suhu bumi
- Gas rumah kaca
- Efek rumah kaca
- Kenaikan kadar CO_2
- *Low Carbon Education*

Tujuan Pembelajaran

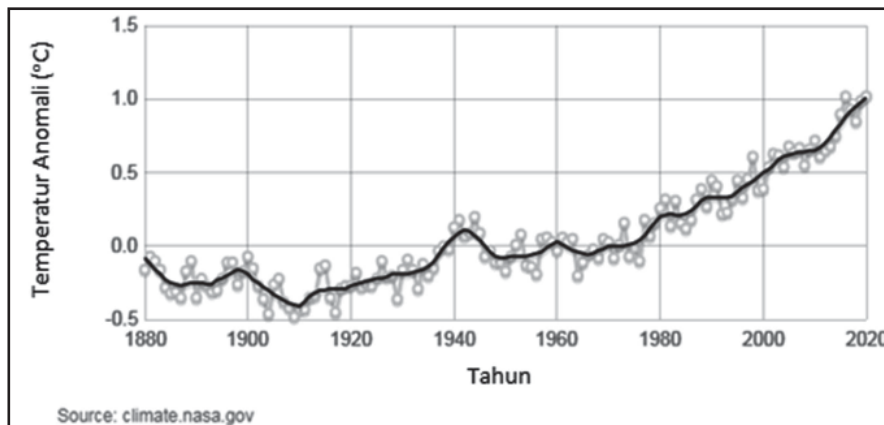
Setelah mempelajari Bab ini, Kalian dapat

1. mengidentifikasi fakta-fakta perubahan lingkungan,
2. menganalisis dampak perubahan lingkungan,
3. mengidentifikasi aktivitas manusia yang menyebabkan perubahan lingkungan, dan
4. menciptakan solusi untuk mengatasi perubahan lingkungan.

Gambar 8.1. Cuaca Ekstrem yang Melanda Jakarta
Sumber: Ramdani (2021)

Apakah Kalian menyadari bahwa lingkungan sekitar Kalian telah banyak berubah? Suhu udara yang tak lagi sejuk, musim kemarau dan musim hujan yang lamanya tidak selalu sama dari tahun ke tahun, daerah yang tidak biasanya terkena banjir, kini terdampak banjir, dan banyak perubahan lainnya. Perubahan lingkungan yang Kalian rasakan saat ini adalah gejala yang menunjukkan bahwa Bumi ini tidak sedang baik-baik saja. Apa yang menyebabkannya? Bagaimana proses perubahannya hingga Kalian dapat merasakan dampaknya saat ini? Sebagai pelajar, apa yang bisa Kalian lakukan untuk berpartisipasi secara aktif dalam menanggulangi dampak kerusakan Bumi? Kalian akan mendapatkan jawabannya pada materi ini.

8.1. Fakta-Fakta Perubahan Lingkungan

Pemanasan Global: Peningkatan Suhu Permukaan Bumi

Gambar 8.2. Grafik perubahan suhu permukaan global relatif terhadap suhu rata-rata 1951-1980
Sumber: climate.nasa.gov/NASA (2020)

Pemanasan global, tentu Kalian sudah tidak asing lagi dengan istilah tersebut bukan? Pemanasan global merupakan gejala peningkatan rata-rata suhu permukaan Bumi. Berdasarkan analisis data yang dihimpun oleh para ilmuwan di Institut Goddard NASA untuk Studi Luar Angkasa (GISS) yang ditunjukkan pada **Gambar 8.2**, Bumi telah mengalami peningkatan suhu global rata-rata lebih dari 1 °C sejak 1880. Badan Meteorologi Dunia (WMO) memprediksi kenaikan suhu udara hingga 1,5 °C pada 2024.

Apa buktinya bahwa telah terjadi pemanasan global? Mari telusuri fakta-fakta berikut ini.

1. Peningkatan Suhu Permukaan Air Laut

Berdasarkan data yang dirilis badan Pengamat kondisi samudera dan atmosfer Amerika NOAA, suhu samudra secara global mengalami peningkatan sebesar 0,02 °C pada Agustus 2019. Permukaan laut mencapai suhu tertingginya sepanjang sejarah pada 2019. Suhu air laut meningkat dua sampai tiga derajat Celcius dibandingkan dengan tiga sampai lima juta tahun sebelumnya.

Ekosistem laut merupakan eksosistem yang paling sensitif terhadap peningkatan suhu. Pemanasan ini terjadi hingga kedalaman 700 meter dari permukaan laut. Berdasarkan pembagian zona lautan, wilayah kedalaman tersebut merupakan wilayah yang paling tinggi keanekaragaman hayatinya.

Suhu perairan berpengaruh pada karang. Meningkatnya suhu perairan menyebabkan karang mengalami pemutihan (*bleaching*), sehingga karang sulit tumbuh dan rentan penyakit sehingga terjadi kematian masal. Seperti yang telah kita ketahui bahwa karang merupakan habitat berbagai biota laut. Ketika karang mengalami kerusakan berarti kehidupan biota laut lainnya terancam.

(a) Terumbu Karang	(b) Udang Krill	(c) Penyu

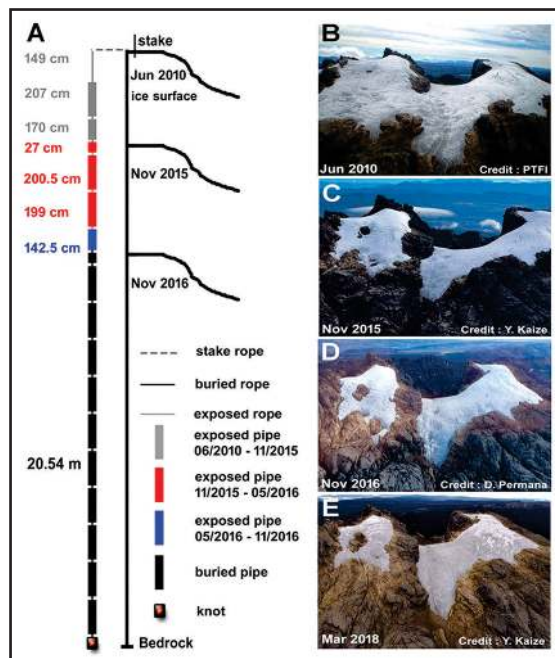
Gambar 8.3. Makhluk Hidup yang Bergantung pada Suhu Permukaan Air Laut
Sumber: (a) Republika.co.id/Aji Setyawan (b) Antarctica.gov.au/Stephen Brookes (c) Worldwildlife.org/Antonio Busiello,

Beberapa spesies memiliki siklus hidup dan proses reproduksi yang dipengaruhi oleh suhu. Contohnya adalah udang *Krill*. Udang ini bereproduksi dalam jumlah yang sedikit jika suhu perairan meningkat. Begitu pula penyu, jenis kelamin anakan penyu dipengaruhi suhu. Jika suhu perairan hangat maka anakan penyu dominan betina sedangkan jika perairan dingin maka anakan penyu dominan jantan. Dengan demikian peningkatan suhu dapat mempengaruhi populasi organisme laut dan bahkan dapat pula menyebabkan kepunahan.

Selain itu pula, peningkatan suhu berpengaruh pada penyebaran spesies dan juga penyakit laut. Pada wilayah tertentu bakteri akan meningkat jumlahnya sehingga mengurangi kadar oksigen pada wilayah tersebut. Hal ini mengakibatkan organisme lainnya bermigrasi ke tempat lainnya dan bisa berujung pada kematian.

2. Menghilangnya Salju Abadi di Pegunungan Puncak Jaya, Papua

Tahukah Kalian bahwa Indonesia memiliki pegunungan es, seperti Puncak Everest di Himalaya? Satu-satunya tempat di wilayah Indonesia yang diselimuti lapisan salju berada di Pegunungan Jaya Wijaya, Papua. Salah satu puncak Pegunungan Jaya Wijaya yang terkenal adalah Puncak Cartenz. Puncak Cartenz ini masuk ke dalam tujuh puncak tertinggi di dunia (*World Seven Submit*) yang menjadi destinasi favorit para pendaki.

Kini, hamparan es yang disebut-sebut sebagai salju abadi itu tak lagi abadi. Pada tahun 1850, gletser memiliki luasan 19,3 km^2. Pada tahun 2018, luasan gletser tersebut hanya tersisa 0,5 km^2. Proses pengurangan luas gletser tersebut seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 8.4.** Peristiwa berkurangnya salju abadi dari Pegunungan Jaya Wijaya ini menjadi salah satu gejala bahwa peningkatan suhu global benar-benar terjadi, sebab gletser tropis sangat rentan atau sensitif terhadap perubahan suhu.

Gambar 8.4. Kondisi Gletser Es di Pegunungan Jaya Wijaya dari Juni 2010 hingga Maret 2018.

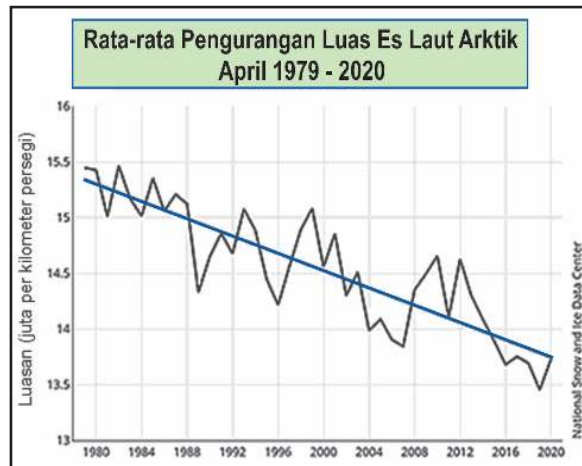
Sumber: Jurnal PNAS (2019)

Peristiwa mencairnya es gletser Pegunungan Jaya Wijaya ini akan berdampak pada kuantitas dan kualitas air pada daerah tersebut, seperti perubahan debit air, suhu air, dan lain-lain. Perubahan kuantitas dan kualitas air tersebut dapat mengganggu ekosistem air tawar.

3. Mencairnya Es di Kutub

Bumi ini memiliki hamparan daratan yang berupa es. Sekitar 90% bagian hamparan daratan es berada di Antartika, sedangkan 10% bagian sisanya berada di lapisan es Greenland. Es Antartika dan Greenland memiliki peran sebagai penutup pelindung Bumi dan lautan.

Apabila dicitrakan dari luar angkasa, es Antartika dan Greenland nampak seperti hamparan atau bintik berwarna putih cerah. Putih merupakan warna yang dapat memantulkan gelombang atau panas dengan baik, sehingga fungsi hamparan putih es tersebut adalah untuk memantulkan kembali panas berlebih menuju ke luar angkasa agar suhu bumi terjaga. Hal tersebut juga menyebabkan kutub utara lebih dingin dibandingkan bagian Bumi lainnya, sehingga hilangnya es di kutub dapat memperburuk kondisi peningkatan suhu permukaan Bumi.

Gambar 8.5 menunjukkan bahwa persentase penurunan rata-rata luas es per dekade dalam rentang waktu Januari 1979 hingga 2014 sebesar 3,2%. Bumi telah kehilangan sekitar 28 triliun ton antara tahun 1994 sampai dengan 2017. Jejak-jejak muka gletser tersebut memberi gambaran informasi proses peningkatan suhu Bumi dari waktu ke waktu.

Gambar 8.5. Grafik luas es laut Arktik
Sumber: Geology.com/National Snow and Ice Data Center (2020)

Perubahan kondisi gletser es di kutub dapat mempengaruhi keberlangsungan hidup mahkluk hidup yang hidup di daerah tersebut. Makhluk hidup selalu berusaha melakukan adaptasi terhadap perubahan kondisi habitatnya. Akan tetapi, tidak semua mahkluk hidup dapat melakukan adaptasi terhadap perubahan kondisi habitatnya.

Gambar 8.6. Beruang es
Sumber: Richard Bannet (2020)

Salah satu hewan yang tinggal di daerah kutub dan terdampak perubahan kondisi gletser es di kutub adalah beruang es. Beruang es terpaksa mencari makanan di daratan akibat es di atas lautan banyak yang telah mencair. Berkurangnya wilayah tempat berburu beruang es tentunya mempersempit peluang bertahan hidupnya beruang es sehingga menurunkan populasi hewan ini. Jika hal ini terus terjadi secara terus menerus maka beruang es bisa mengalami kepunahan.

4. Kenaikan Permukaan Air Laut

Salah satu dampak mencairnya es di kutub adalah kenaikan permukaan air laut, sebab air limpasan pencairan es tentu akan bermuara di laut, dan meningkatkan ketinggian permukaan air laut. Menurut data

yang dirilis oleh NASA, kenaikan permukaan air laut secara global meningkat sebesar 97 mm dengan rata-rata peningkatannya adalah 3,3 mm per tahun.

Dampak peningkatan ketinggian permukaan air laut ini akan sangat dirasakan bagi masyarakat Indonesia yang tinggal di pesisir laut. Bencana banjir rob dan kenaikan permukaan air yang lebih tinggi saat terjadi pasang akan sering terjadi.

5. El Niño dan La Niña: Cuaca Ekstrem

Pada sekitar akhir bulan Oktober 2020, curah hujan di wilayah Indonesia begitu tinggi. Apa yang sedang terjadi di wilayah Indonesia saat itu? BMKG yang memprediksi peningkatan akumulasi curah hujan akibat fenomena La Niña terkait potensi curah hujan yang akan naik sebesar 20% sampai dengan 40%.

Apa itu fenomena La Niña yang disebutkan oleh BMKG? Apa hubungannya dengan apa yang terjadi di Indonesia? Apa hubungannya peningkatan suhu permukaan laut dengan fenomena cuaca ekstrem di Indonesia? *El Niño Southern Oscillation* (ENSO) merupakan fenomena iklim dimana sirkulasi atmosfer global berubah akibat suhu perubahan suhu permukaan air laut. ENSO memiliki dua fase yang berlawanan dan satu fase tambahan, yaitu El Niño, La Niña, dan Netral.

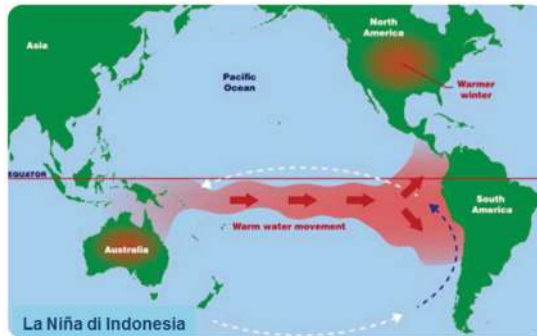
a. El Niño

Peristiwa El Niño merupakan peristiwa meningkatnya suhu permukaan laut Samudera Pasifik tropis bagian timur dan tengah di atas rata-rata normal suhu permukaan laut. Pengaruh peristiwa El Niño di wilayah Indonesia adalah curah hujan cenderung berkurang.

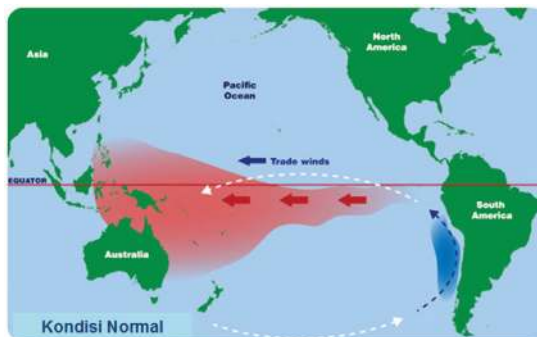
Gambar 8.7. Peristiwa El Niño di Indonesia
Sumber: spaceplace.nasa.gov/NASA (2019)

Sementara di Samudera Pasifik tropis, curah hujan meningkat. Angin permukaan tingkat rendah yang biasanya bertiup dari timur ke barat (angin timur) di sepanjang ekuator mengalami penyimpangan arah, sehingga angin bertiup dari arah barat ke timur (angin barat).

2. La Niña

Peristiwa La Niña merupakan peristiwa menurunkan suhu permukaan laut Samudera Pasifik tropis bagian timur dan tengah di bawah rata-rata normal suhu permukaan laut. Pengaruh peristiwa La Niña di wilayah Indonesia adalah curah hujan cenderung meningkat. Sementara di Samudera Pasifik tropis, curah hujan menurun. Angin timur laut yang normal di sepanjang ekuator menjadi lebih kuat.

Gambar 8.8. Peristiwa La Niña di Indonesia
Sumber: Concernusa.org/NASA (2019)

3. Netral

Kondisi netral ini bukan merupakan keadaan El Niño atau La Niña. Kondisi ini merupakan kondisi ketika suhu permukaan laut Samudera Pasifik tropis umumnya mendekati rata-rata. Fenomena El Niño dan La Niña ini berdampak pada makhluk hidup.

Gambar 8.9. Kondisi netral
Sumber: Spaceplace.nasa.gov/NASA (2019)

Di sisi lain, pada daerah yang perubahan musim kemaraunya panjang, mengakibatkan intensitas kebakaran hutan meningkat. Hal ini dapat terjadi karena tumbuhan banyak yang kekeringan karena kekurangan air. Oleh karena itu, penurunan populasi tumbuhan akan terjadi dan bahkan dapat menimbulkan punahnya spesies tanaman.

Ayo Mengobservasi dan Mencari Data

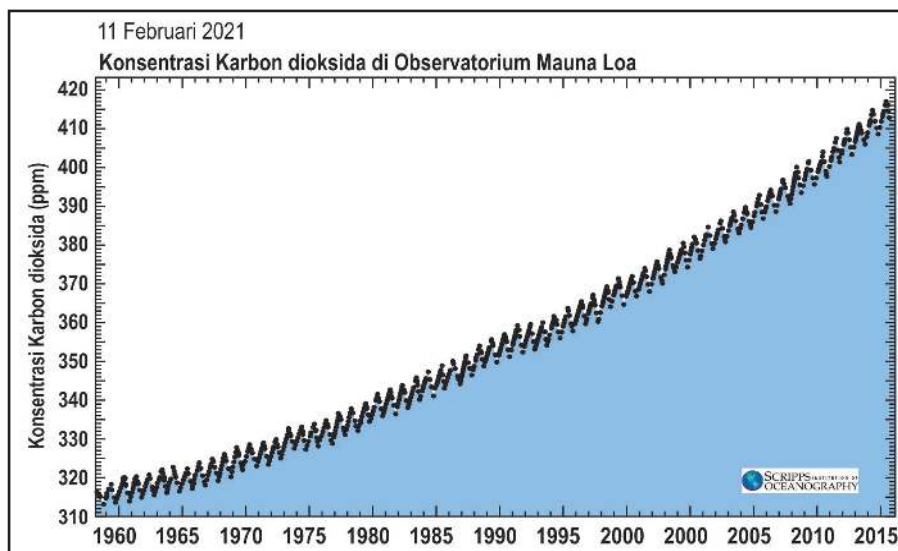
1. Lakukanlah observasi di lingkungan sekitar Kalian, untuk yang lokasinya di sekitar pantai, amatilah dan lakukan wawancara tentang perubahan garis pantai sedangkan untuk lokasinya jauh dari pantai perhatikan pergeseran musim dan perubahan lamanya musim hujan dan musim kemarau. Kalian juga dapat melakukan observasi perubahan siklus hidup atau reproduksi hewan dan tumbuhan tertentu yang ada di sekitar Kalian.
2. Lakukanlah pencarian data ke badan BMKG tentang rata-rata suhu tahunan dan rata-rata curah hujan tahunan di daerah Kalian setidaknya selama 10 tahun belakangan ini. Jika tidak memungkinkan untuk berkunjung, Kalian dapat melakukan wawancara secara daring ataupun melalui telepon dengan salah satu petugas BMKG. Kalian juga dapat mencari informasi melalui internet tentang data tersebut. Tampilkan data yang telah Kalian temukan dalam bentuk grafik.

Tentukan benar atau salah pernyataan berikut.

Pernyataan	Benar	Salah
Selama El Niño melanda Indonesia, terdapat banyak daerah yang dilanda bencana banjir dan longsor.		
Terumbu karang memutih akibat peningkatan suhu air laut.		
Pada tahun 2020, peningkatan suhu permukaan Bumi sudah mencapai batas anomali yang tidak diperbolehkan pada perjanjian Paris.		
Gas rumah kaca merugikan dan tidak dibutuhkan Bumi.		

Nah, cocokkan jawaban Kalian dengan ulasan berikut. Salah satu gas penyebab efek rumah kaca adalah CO_2.

8.2. Peningkatan Kadar CO_2 Atmosfer di Balik Peningkatan Suhu Bumi

Setelah membaca fakta-fakta perubahan lingkungan yang terjadi akhir-akhir ini, menurut pendapat Kalian indikator apa yang memberi petunjuk bahwa telah terjadi perubahan lingkungan? Kalian telah mengetahui fakta-fakta terkait perubahan lingkungan.

Gambar 8.10. Kadar peningkatan CO_2

Sumber: Scripps Instution of Oceanography (2015)

Peningkatan kadar CO_2

Peningkatan kadar CO_2 di atmosfer telah dicatat sejak tahun 1958 oleh ilmuwan bernama Charles David Keeling. Selanjutnya para ilmuwan melacak data akumulasi CO_2 di atmosfer bumi menggunakan kurva Keeling yang datanya diukur terus-menerus dari Observatorium Mauna Loa di Hawai.

Peningkatan kadar CO_2 dari waktu ke waktu terus terjadi dimulai sejak zaman Eosen yaitu periode dalam skala geologi yang terjadi sekitar 60–40 juta tahun yang lalu. Hal ini penting dipelajari dalam sejarah catatan CO_2 yang memberi bukti kuat hubungan antara tingkat CO_2 dan keadaan iklim yang menghangat. Dengan mempelajari perubahan iklim bumi di masa lalu maka pemanasan global di masa yang akan datang dapat diprediksi dengan lebih baik.

Kadar CO_2 yang tercatat pada 60 tahun yang lalu adalah 315 ppm. Namun, angka tersebut naik teratur melebihi 410 ppm pada tahun 2018. Catatan terakhir pada 11 Februari 2021, kadar CO_2 tercatat mencapai angka 417,21 ppm, artinya terdapat 417,21 mg CO_2 yang terkandung dalam satu juta mg udara).

Kandungan CO_2 di atmosfer adalah hasil aktivitas manusia yang sebagian besar berasal dari penggunaan bahan bakar dari fosil baik untuk kegiatan industri maupun berkendara. Bahan bakar digunakan melalui reaksi pembakaran.

Gas CO_2 hasil pembakaran diemisikan ke atmosfer sekitar 57% sedangkan sisanya masuk ke laut dan terserap oleh reaksi fotosintesis, Ingatlah bahwa Hukum Lavoisier berlaku untuk keadaan ini. Jumlah atom karbon selalu sama baik dalam bentuk CO_2 di udara maupun dalam bentuk senyawa lainnya di luar emisi CO_2. Oleh karena itu, emisi CO_2 di udara inilah yang harus dikurangi.

Aktivitas 8.2

Ayo Analisis

Berdasarkan hasil observasi dan pencarian data yang Kalian lakukan pada **Aktivitas 8.1**, kaitkanlah hubungan antara hasil observasi dengan data suhu dan curah hujan yang Kalian dapatkan pada **Aktivitas 8.1** dan jawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apakah ada pergeseran garis pantai ke arah daratan?
2. Adakah daerah di pantai yang dulunya tidak pernah terkena air pasang atau banjir rob dan dalam beberapa waktu terakhir terendam air pasang atau banjir rob?
3. Adakah perubahan suhu rata-rata dari tahun ke tahun?
4. Apakah terjadi perubahan curah hujan dari tahun ke tahun?
5. Apakah terjadi pergeseran musim dari tahun ke tahun?
6. Apakah hubungan antara data suhu rata-rata dengan hasil observasi keadaan lingkungan yang Kalian temukan.

Mekanisme Terjadinya Efek Rumah Kaca

Apakah Kalian pernah mendengar istilah rumah kaca? Jika Kalian mencari di internet, Kalian akan menemukan gambar sebuah ruangan transparan terbuat dari kaca yang berfungsi untuk memerangkap udara hangat yang bermanfaat bagi tumbuhan. Atmosfer Bumi pun memiliki sistem serupa dengan rumah kaca tersebut. Peristiwa terperangkapnya udara hangat di Bumi dikenal dengan istilah efek rumah kaca.

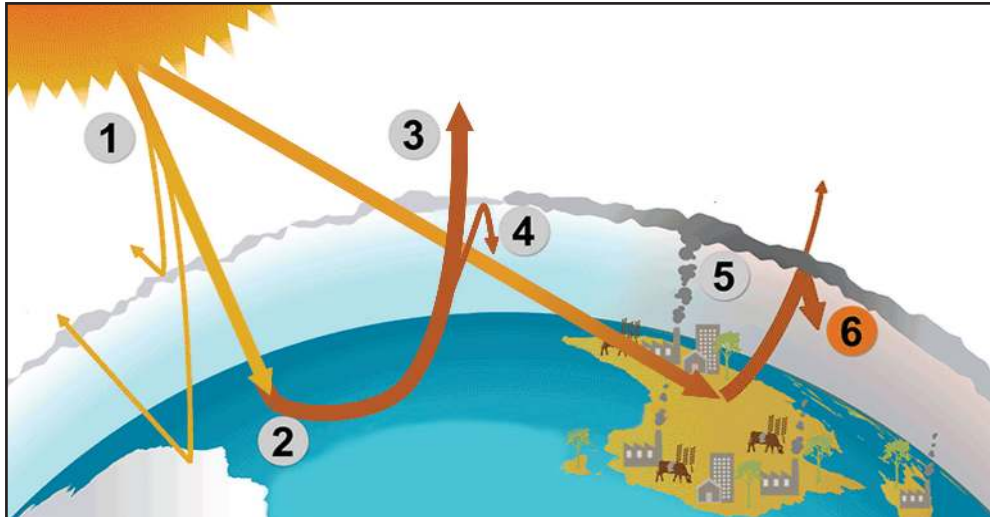
Sumber panas utama permukaan Bumi adalah sinar Matahari. Energi yang dipancarkan Matahari disalurkan ke Bumi berupa radiasi, kemudian energi ini berubah menjadi panas di permukaan Bumi. Energi Matahari yang sampai di permukaan Bumi dimanfaatkan dalam menunjang aktivitas manusia, seperti mengeringkan baju, mengeringkan hasil pertanian, pembangkit tenaga listrik, dan lain-lain. Radiasi tersebut merupakan gelombang pendek bersuhu hangat.

Gelombang pendek bersuhu hangat tersebut tidak seluruhnya diserap oleh permukaan Bumi, sebagian lagi dipantulkan kembali menuju luar angkasa berupa gelombang inframerah, sehingga suhu permukaan Bumi tidak akan kelebihan panas.

Gas-gas penyebab efek rumah kaca, seperti gas karbon dioksida (CO_2), gas metana (CH_4), klorofluorokarbon (CFC), nitrogen monoksida (NO_2), nitrogen dioksida (NO), dan belerang dioksida (SO_2) yang berada pada atmosfer Bumi menyerap energi dari gelombang pada rentang panjang gelombang 5 – 50 nm. Molekul-molekul gas rumah kaca menyerap energi untuk dapat bervibrasi dan berotasi, dan sebagian besar energi lainnya dipancarkan lagi ke permukaan Bumi.

Akibatnya, gelombang inframerah tidak dapat dilepaskan menuju luar angkasa, melainkan dipantulkan kembali menuju Bumi, sehingga kebutuhan suhu rata-rata 15 ^{o}C untuk permukaan Bumi dari efek rumah kaca dapat terpenuhi. Dalam keadaan normal, efek rumah kaca berfungsi untuk untuk menjaga agar suhu antara siang dan malam tidak berbeda jauh, dan menjaga suhu Bumi tetap hangat. Jika pada atmosfer Bumi kekurangan gas rumah kaca, suhu Bumi akan menurun dan permukaan Bumi akan ditutupi es.

Anomali Efek Rumah Kaca

Jika jumlah gas rumah kaca pada atmosfer berlebihan, peningkatan suhu Bumi akan terjadi secara tidak wajar, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 8.2**. Kini, temperatur yang dihasilkan oleh emisi gelombang panas gas rumah kaca terhadap bumi telah meningkatkan temperatur Bumi sebesar 0,6 ^{o}C sampai dengan 0,9 ^{o}C. Proses ini digambarkan dalam **Gambar 8.11**.

Gambar 8.11. Efek rumah kaca

Keterangan Gambar 8.11.

Langkah 1 : Radiasi matahari mencapai atmosfer bumi, beberapa diantaranya dipantulkan kembali ke luar angkasa.

Langkah 2 : Sisa energi matahari diserap oleh daratan dan lautan, memanaskan Bumi.

Langkah 3 : Panas memancar dari Bumi menuju ruang angkasa.

Langkah 4 : Sebagian dari panas ini terperangkap oleh gas rumah kaca di atmosfer, menjaga Bumi tetap hangat untuk menopang kehidupan.

Langkah 5 : Aktivitas manusia seperti membakar bahan bakar fosil, pertanian dan pembukaan lahan meningkatkan jumlah gas rumah kaca yang dilepaskan ke atmosfer.

Langkah 6 : Gas rumah kaca ini memerangkap panas ekstra, dan menyebabkan suhu bumi naik.

8.3. Aktivitas Manusia yang Menyebabkan Perubahan Lingkungan

Kalian sudah mengetahui bahwa penyebab peningkatan suhu permukaan Bumi adalah peristiwa efek rumah kaca yang disebabkan oleh gas rumah kaca yang menumpuk pada atmosfer Bumi, salah satunya adalah gas CO_2 yang banyak dihasilkan oleh aktivitas manusia. Apa saja aktivitas penghasil gas CO_2? Mari telusuri bersama-sama.

(1) Kegiatan terkait alih fungsi lahan.

Guna memenuhi kebutuhan hidupnya, manusia tidak menyadari bahwa telah melakukan berbagai aktivitas yang berdampak buruk bagi lingkungan. Salah satu aktivitas manusia yang berdampak buruk adalah alih fungsi lahan. Alih fungsi lahan khususnya lahan hutan selain mengurangi habitat hewan, tumbuhan, bahkan mengganggu keanekaragaman hayati ternyata juga memiliki andil dalam peningkatan suhu dunia. Alih fungsi lahan dilakukan dengan cara yang paling umum yaitu membakar lahan hutan. Hal ini menyebabkan pelepasan gas rumah kaca (CO_2) dan gas karbon monoksida (CO) yang berbahaya bagi kesehatan.

Tulislah persamaan reaksi kimia setara pembakaran tak sempurna yang pernah disampaikan pada **Bab 3**.

Selain itu pembalakan liar yang marak terjadi belakangan ini juga ikut andil dalam pengurangan populasi pohon di hutan. Pembalakan liar adalah kegiatan pemanenan pohon hutan, pengangkutan, serta penjualan kayu maupun hasil olahan kayu yang tidak sah dan tidak memiliki izin dari otoritas setempat. Kegiatan ini sering tidak terkendali dan tanpa disadari populasi tanaman yang menyumbang gas O_2 dan penyerap CO_2 berkurang. Seperti yang telah Kalian pelajari, gas CO_2 merupakan salah satu gas efek rumah kaca. Semakin tinggi gas efek rumah kaca maka semakin panas suhu bumi. Di sisi lain, bagi tumbuhan, gas CO_2 ini digunakan dalam proses fotosintesis. Dengan demikian bagaimana hubungan adanya tumbuhan terhadap peningkatan suhu bumi?

Tulislah persamaan reaksi kimia setara reaksi fotosintesis yang sudah pernah diulas pada **Bab 3**.

(2) Penggunaan Freon dalam Kehidupan Sehari-hari

Apa yang Kalian rasakan saat berada dalam ruangan tertutup yang panas? Apa yang Kalian lakukan saat udara panas dan Kalian merasa haus? Tentu sebagian besar dari Kalian akan menyalakan pendingin ruangan dan mengambil minuman dingin dari dalam kulkas bukan? Bahan apa yang ada di dalam pendingin ruangan atau dalam kulkas? Ternyata bahan-bahan ini ikut berkontribusi terhadap perubahan iklim. Ayo Kalian cermati ulasan berikut.

Pernahkah Kalian mendengar nama Freon? Benda apa saja yang berhubungan dengan Freon? Freon adalah nama dagang dari senyawa klorofluorokarbon. Senyawa ini mengandung 3 jenis atom dari unsur klor (Cl), fluor (F), dan karbon (C). Klorofluorokarbon sering ditulis dan disebut sebagai CFC. Freon umumnya berupa gas tidak berwarna atau cairan yang tidak berwarna yang mudah menguap pada suhu kamar. Beberapa senyawa Freon yang umum digunakan disajikan pada **Tabel 8**.1 berikut.

Tabel 8.1. Jenis-jenis freon

Jenis Freon	Rumus molekul	Nama kimia
Freon 11	CCl_3F	triklorofluorometana
Freon 12	CCl_2F_2	diklorodifluorometana
Freon 22	$CHClF_3$	klorotrifluorometana
Freon 113	$C_2Cl_3F_3$	triklorotrifluoroetana
Freon 114	$CClF_2CClF_2$	diklorotetrafluoroetana
Freon 115	$CClF_2CF_3$	kloropentafluoroetana

Sumber: https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/freon

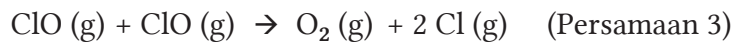
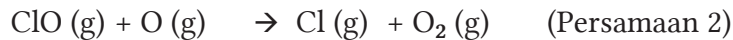
Digunakan untuk apa sajakah Freon? Indonesia sebagai negara beriklim tropis serta kondisi gedung bertingkat di kota-kota besar yang memerlukan pendingin ruangan menyebabkan penggunaan Freon menjadi kebutuhan. Freon 11, 12, atau 22 banyak dimanfaatkan sebagai bahan refrigeran atau bahan pendingin ruangan dalam sistem pendingin ruangan atau *air conditioning* (AC), kulkas, dan bahan aerosol.

Gambar 8.12. Freon dalam pendingin ruangan (*air conditioning)*
Sumber: Kemendikbudristek/Elizabeth (2021)

Pembuatan freon berkembang sejak tahun 1930 namun karena menimbulkan penipisan ozon, membentuk lubang pada ozon di atas wilayah Antartika, dan meningkatkan efek rumah kaca maka melalui Perjanjian Montreal yang dibuat oleh PBB pada tahun 1987 penggunaan Freon dibatasi. Mengapa demikian? Mari kita kenali dulu ozon (O_3) yang merupakan molekul unsur mengandung atom oksigen. Sekitar 90% ozon terdapat pada lapisan stratosfer yang mempunyai ketinggian 15-30 km dari permukaan bumi. Tidak seperti ozon yang terdapat pada lapisan troposfer atau pada permukaan tanah, ozon yang terdapat pada lapisan stratosfer ini adalah ozon baik karena menyaring sebagian besar radiasi sinar ultraviolet tipe B yang berbahaya. Ayo kita cermati reaksi kimia yang menyebabkan penipisan ozon bahkan membentuk lubang pada ozon. Pada lapisan stratosfer terdapat molekul klorin monoksida (ClO). Molekul ini merupakan senyawa dengan jumlah paling banyak dan bersifat paling reaktif di lapisan stratosfer. Sumber tambahan atom klorin yang berasal dari aktivitas manusia adalah dari penggunaan senyawa klorofluorocarbon (CFC). Ketika CFC mencapai lapisan stratosfer, radiasi UV dengan energi tinggi mengurai CFC dan menghasilkan Cl. Reaksi ClO di atmosfer ditunjukan pada persamaan reaksi kimia berikut:

$Cl (g) + O_3 (g) \rightarrow ClO + O_2 (g)$ (Persamaan 1)

$ClO (g) + O (g) \rightarrow Cl (g) + O_2 (g)$ (Persamaan 2)

$ClO (g) + ClO (g) \rightarrow O_2 (g) + 2 Cl (g)$ (Persamaan 3)

(dengan bantuan sinar ultraviolet)

Berdasarkan persamaan reaksi kimia tersebut diketahui bahwa jumlah ozon akan semakin berkurang. Dampak negatif penipisan ozon adalah timbulnya penyakit kanker, katarak, dan gangguan imun pada manusia, kerusakan pada ekosistem laut, dan menurunnya produktivitas tanaman.

Tentu Kalian ingat prinsip kimia hijau yang telah dipelajari pada **Bab 3** bukan? Jika upaya pengurangan senyawa CFC tidak dilakukan maka menurut sumber *https://atmosphere.copernicus.eu/monitoring-ozone-layer* lubang ozon baru bisa sepenuhnya tertutup pada tahun 2060. Langkah apa yang bisa dilakukan agar mengurangi penipisan ozon? Penggunaan senyawa HFC (hidrofluorokarbon) sebagai pengganti CFC memang mengurangi penipisan ozon namun ternyata menimbulkan peningkatan gas CO_2 yang berdampak pada perubahan iklim. Oleh karena itu melalui amandemen Kigali yang diberlakukan pada Januari 2019 penggunaan senyawa hidrofluorokarbon juga harus dibatasi selama tiga dekade ke depan. Penelitian terhadap teknologi pendingin yang ramah iklim sedang terus dilakukan sehingga mengurangi ketergantungan pada bahan kimia. Desain bangunan yang tidak bergantung pada penggunaan sistem pendingin ruangan juga menarik untuk dikembangkan dan diterapkan.

(3) Aktivitas kendaraan bermotor

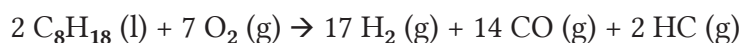
Transportasi apakah yang Kalian gunakan untuk pergi ke sekolah? Apakah Kalian berjalan kaki, naik sepeda, atau menggunakan kendaraan bermotor? Tentu sebagian besar dari Kalian naik kendaraan bermotor bukan? Tahukah Kalian bahwa aktivitas kendaraan bermotor turut berkontribusi terhadap perubahan iklim. Mari kita simak ulasan berikut.

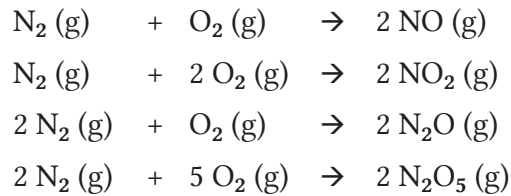
Gambar 8.13. Aktivitas kendaraan di kota besar.

Sumber: Flickr, Tri Murdiyanto (2011)

Menurut sumber *https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20210203115349-384-601700/sensus-kendaraan-di-indonesia-lebih-dari-133-juta-unit* jumlah kendaraan bermotor terus meningkat. Data dari Badan Pusat Statistik menunjukkan pada tahun 2019 populasi seluruh kendaraan di Indonesia mencapai lebih dari 133 juta unit atau terjadi peningkatan jumlah kendaraan sebesar 5,3 persen. Lalu apa akibatnya? Udara adalah faktor penting dalam kehidupan. Akibat aktivitas kendaraan bermotor meningkat maka emisi gas buang hasil reaksi pembakaran juga meningkat sehingga menyebabkan pencemaran udara terutama di perkotaan yang mencapai angka 70%. Gas-gas buang hasil reaksi pembakaran mengandung gas nitrogen oksida (NO_x), gas sulfur dioksida (SO_2), gas karbon monoksida (CO), gas metana (CH_4), dan pencemar partikulat berupa hidrokarbon dan logam timbal. Bagaimana reaksi pembakaran yang terjadi dalam mesin kendaraan bermotor? Kalian tahu bahwa bahan bakar kendaraan bermotor baik bensin maupun solar berasal dari minyak bumi yang mengandung atom karbon (C) dan hidrogen (H) yaitu senyawa hidrokarbon (C_xH_y). Senyawa hidrokarbon yang dimaksud adalah heptana (C_7H_{16}) dan isooktana (C_8H_{18}).

Ayo ingat kembali apakah syarat agar reaksi pembakaran terjadi? Tentu adanya udara menyebabkan pembakaran berlangsung bukan? Udara sebagian besar mengandung gas nitrogen (N_2) dan gas oksigen (O_2). Dengan bantuan gas oksigen dalam udara dan kondisi dalam mesin kendaraan bermotor yang suhu dan tekanannya tinggi maka hidrokarbon C_xH_y diubah menjadi gas-gas karbon dioksida (CO_2) dan uap air (H_2O). Namun seringkali terjadi keadaan kurang udara atau kurang gas oksigen dalam dalam mesin kendaraan menyebabkan reaksi kimia yang menghasilkan gas beracun yaitu gas CO dan partikulat hidrokarbon (HC). Cermati persamaan reaksi kimia berikut.

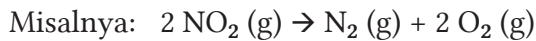
$$2\ C_8H_{18}\ (l) + 7\ O_2\ (g) \rightarrow 17\ H_2\ (g) + 14\ CO\ (g) + 2\ HC\ (g)$$

Lalu bagaimana dengan gas N_2? Sifat gas nitrogen adalah inert yaitu tidak mudah bereaksi dengan zat lainnya. Namun kondisi dalam mesin kendaraan bermotor yang suhu dan tekanannya tinggi juga mengubah gas N_2 ini menjadi berbagai gas nitrogenoksida (NO_x) yang berbahaya. Semakin tinggi suhu dalam mesin kendaraan bermotor maka semakin banyak gas NO_x yang dihasilkan. Berikut adalah beberapa contoh persamaan reaksi kimia yang menghasilkan senyawa gas NO_x.

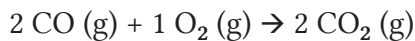
$$N_2\,(g) + O_2\,(g) \rightarrow 2\,NO\,(g)$$
$$N_2\,(g) + 2\,O_2\,(g) \rightarrow 2\,NO_2\,(g)$$
$$2\,N_2\,(g) + O_2\,(g) \rightarrow 2\,N_2O\,(g)$$
$$2\,N_2\,(g) + 5\,O_2\,(g) \rightarrow 2\,N_2O_5\,(g)$$

Untuk mengurangi emisi gas buang yang berbahaya maka dalam mesin kendaraan bermotor dipasang alat bernama katalitik konverter. Alat ini berfungsi mengubah gas-gas beracun menjadi gas-gas yang lebih ramah lingkungan. Persamaan reaksi kimia yang terjadi dalam katalitik konverter ditulis sebagai berikut.

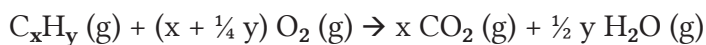
(a) Mengubah gas NO_x menjadi gas N_2 dan O_2

$NO_x\,(g) \rightarrow N_x\,(g) + O_x\,(g)$

(x disini adalah angka yang disesuaikan dengan nama senyawa kimianya)

Misalnya: $2\,NO_2\,(g) \rightarrow N_2\,(g) + 2\,O_2\,(g)$

(b) Mengubah gas CO menjadi gas CO_2

$2\,CO\,(g) + 1\,O_2\,(g) \rightarrow 2\,CO_2\,(g)$

(c) Mengubah cairan C_xH_y dalam bahan bakar menjadi gas CO_2 dan uap H_2O

$C_xH_y\,(g) + (x + \frac{1}{4}\,y)\,O_2\,(g) \rightarrow x\,CO_2\,(g) + \frac{1}{2}\,y\,H_2O\,(g)$

(x disini adalah angka yang menyatakan koefisien reaksi kimia yang disesuaikan dengan nama senyawa kimianya).

Bahan bakar kendaraan mengandung senyawa heptana (C_7H_{16}) dan isooktana (C_8H_{18}).

Sebagai contoh reaksi pembakaran heptana (C_7H_{16}) ditulis sebagai berikut: $C_7H_{16}\,(g) + 11\,O_2\,(g) \rightarrow 7\,CO_2\,(g) + 8\,H_2O\,(g)$

Ayo Kalian mengingat kembali materi penulisan persamaan reaksi kimia yang telah diulas pada **bab 3** dan **bab 4**.

Berdasarkan persamaan reaksi kimia itu, ternyata penggunaan alat katalitik konverter pada mesin kendaraan bermotor dapat mengurangi emisi gas beracun namun tetap dihasilkan gas karbon dioksida (CO_2). Hal ini akan terus berdampak pada pemanasan global. Selain itu gas-gas buang ini dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan yaitu penyakit

kanker, gangguan terhadap pernafasan, sistem metabolisme tubuh, fungsi hati, kinerja hemoglobin dan darah serta menurunnya tingkat kecerdasan. Oleh karena itu mobil listrik menjadi solusi yang lebih tepat untuk mencegah hal-hal tersebut dan juga perubahan iklim di planet bumi ini. Ingat kembali pada **Bab 5** Kalian telah mempelajari tentang logam tanah jarang sebagai salah satu logam yang dapat dijadikan sumber energi pada mobil listrik.

Sebagai pelajar, bagaimana kontribusi Kalian terhadap pengurangan emisi gas buang dari kendaraan bermotor? Bersepeda adalah salah satu cara yang menarik dan mendukung upaya ini. Mengapa? Coba Kalian diskusikan dalam kelompok.

8.4. Solusi Mengatasi Pemanasan Global

Penggunaan Energi Terbarukan sebagai Sumber Energi yang Ramah Lingkungan

Pada Bab 6 tentang Energi Terbarukan, Kalian telah mempelajari bahwa penggunaan energi-energi terbarukan merupakan solusi untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Indonesia, karena ketersediaannya yang berlimpah. Tidak hanya itu, alasan pentingnya penggunaan energi terbarukan adalah lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan sumber energi tak terbarukan; bahan bakar fosil, karena penghasil CO_2 terbesar saat ini adalah dari sektor penyediaan energi.

Upaya lain yang dapat dilakukan adalah pengembangan teknologi yang ramah lingkungan dan menggunakan sumber energi terbarukan. Beberapa contoh pengembangan teknologi yang masih dalam tahap pengembangan atau riset saat ini adalah sebagai berikut:

- Teknologi kendaraan *hybrid* yang menggunakan bahan bakar listrik, dan pembangunan stasiun pengisian bahan bakar listrik.
- Riset nanomaterial untuk produksi skala besar sel surya dengan harga yang terjangkau oleh masyarakat dan sektor industri sebagai sumber energi listrik.
- Pengembangan mesin untuk bahan bakar biogas, biodiesel, dan bahan bakar sejenisnya. Dulu, bahan bakar biogas, biodiesel, dan sejenisnya masih memerlukan campuran bahan bakar solar agar

mesin dapat bekerja. Kini, sudah banyak riset yang mengembangkan dan memodifikasi suku cadang mesin, sehingga mesin dapat bekerja tanpa perlu lagi menggunakan bahan bakan solar sebagai bahan bakar pencampur. Kemudian, mesin seperti ini dapat digunakan oleh masyarakat untuk keperluan genset untuk pembangkit listrik, bahan bakar kendaraan, dan lain-lain.

Gaya hidup yang berkelanjutan

Masih ingatkah hasil refleksi yang telah Kalian buat pada Bab 6 Energi Terbarukan? Apakah Kalian sudah menjalankan kebiasaan-kebiasaan baik dalam hal penggunaan energi setelah mempelajari Bab 6 tentang Energi Terbarukan? Kalau belum, yuk, tetap semangat berusaha untuk melakukan gaya hidup yang lebih hemat energi.

Mengapa Kalian harus menumbuhkan gaya hidup yang lebih hemat energi? Pemerintah Indonesia sedang berupaya untuk membangun pembangkit listrik sumber energi alternatif, dan membangun fasilitas transportasi umum yang lebih memadai dan ramah lingkungan. Namun, dalam proses persiapannya, bahan bakar fosil masih menjadi sumber energi utama yang digunakan saat ini. Di tengah penggunaan bahan bakar fosil (penghasil CO_2 terbesar) sebagai sumber energi utama, hampir seluruh aktivitas manusia sangat membutuhkan energi listrik saat ini. Oleh karena itu, melakukan penghematan energi menjadi sangat penting untuk dilakukan. Kalian dapat mulai dengan melakukan banyak hal kecil yang sederhana, seperti meminimalisir penggunaan lampu pada siang hari, mematikan peralatan elektronik jika sudah tidak digunakan, mematikan lampu dan AC jika meninggalkan ruangan, mematikan lampu kamar atau menggunakan lampu tidur dengan daya rendah pada malam hari, dan lain-lain.

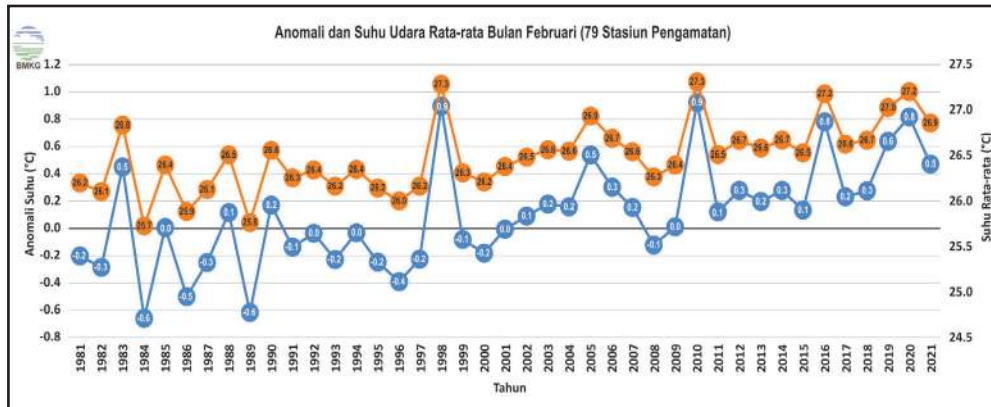
Selain itu, CFC dan aerosol kaleng penyemprot (contohnya *hair spray*, dan lain-lain) juga turut andil dalam terjadinya efek rumah kaca. Oleh karena itu, Kalian harus memilih produk-produk elektronik yang tidak menggunakan CFC. Produk-produk elektronik tersebut misalnya adalah AC dan Kulkas tidak menggunakan CFC atau Freon sebagai refrigeran (cairan yang digunakan dalam proses pendinginan pada AC dan kulkas).

Kalian juga perlu membiasakan diri dengan beberapa kebiasaan baru yang lebih ramah lingkungan, seperti :

- bersepeda atau jalan kaki jika bepergian dalam jarak dekat, serta menggunakan transportasi umum jika bepergian dalam jarak jauh untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil,
- memilih untuk membeli alat-alat elektronik yang hemat daya,
- meluangkan waktu senggang untuk berkebun di rumah; dengan banyaknya tanaman di rumah Kalian, akan mengurangi kadar CO_2 di lingkungan rumah Kalian, sehingga lingkungan rumah Kalian akan lebih asri dan segar,

Ayo Tentukan Solusi

Pada **Proyek Tahap 2** Kalian telah menganalisis beberapa perubahan di bumi dari waktu ke waktu. Diskusikan bersama kelompok Kalian mengenai penyebab dan solusi terbaik yang dapat Kalian terapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Solusi yang Kalian ajukan dapat berupa benda ataupun tindakan nyata. Kampanyekanlah solusi yang Kalian ciptakan dengan media presentasi yang menarik, seperti poster, infografis, video ataupun podcast. Solusi akan dipresentasikan pada waktu yang ditentukan dan media kampanye akan dipublikasikan pada media sosial yang Kalian miliki.

A. Amatilah data berikut ini.

Gambar 8.14. Anomali suhu udara Indonesia sepanjang periode data pengamatan sejak 1981-2021

Sumber: BMKG (2021)

1. Berdasarkan data di atas, berapakah suhu udara rata-rata normal untuk wilayah Indonesia?
2. Pada tahun berapakah anomali suhu udara rata-rata paling ekstrem terjadi di wilayah Indonesia?
3. Tentukanlah rerata anomali suhu udara rata-rata dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir. Refleksikanlah apa yang telah terjadi di Indonesia dalam kurun waktu tersebut hingga terjadi anomali suhu udara rata-rata didukung dengan data-data dari sumber terpercaya.

B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

Kalian telah membaca fakta bahwa es kutub telah banyak mencair. Mengapa informasi tersebut menjadi sangat penting bagi kita? Jelaskan pengaruh mencairnya es kutub terhadap Indonesia. Lengkapi penjelasan Kalian dengan data dan fakta yang Kalian dapatkan dari sumber yang relevan.

C. Pelajari penjelasan berikut ini.

Para peneliti mencoba melakukan penelitian mengenai pengaruh suhu terhadap jenis kelamin penyu hijau. Dari hasil penelitian ditemukan bahwa suhu yang lebih hangat menyebabkan dihasilkan lebih banyak penyu betina sedangkan suhu dingin dihasilkan penyu jantan.

1. Tentukanlah benar atau salah pernyataan berikut

Pernyataan	Benar	Salah
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jenis kelamin penyu.		
Peneliti akan memberikan berbagai perlakuan suhu yang berbeda saat telur dierami dalam pasir.		
Hasil penelitian ini akan digunakan sebagai dasar pembiakan penyu hijau.		

2. Prediksilah bagaimana jenis kelamin penyu pada tahun ini dibandingkan 20 tahun yang lalu. Mengapa?

D. Simaklah penjelasan berikut ini.

Menurut data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), 372 bencana alam telah terjadi di Indonesia dalam kurun dua bulan terakhir pada tahun 2021.

Dilansir dari *antaranews.com*, per tanggal 8 Februari 2021, bencana tersebut meliputi 227 kejadian banjir, 66 kejadian puting beliung, 60 kejadian tanah longsor, 7 kejadian gempa bumi dengan magnitudo besar, 7 kejadian gelombang pasang atau abrasi, serta 4 kejadian kebakaran hutan dan lahan.

Gambar 8.15. Grafik peristiwa banjir dari tahun 2008 hingga Januari 2021
Sumber: BBC/BNPB (2021

Dilansir dari *Kompas.com*, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) mencatat sudah terjadi 646 gempa bumi terjadi dan Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) mencatat 21 gunung

berapi di Indonesia berstatus waspada sepanjang Januari 2021. Jika dibandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya, peristiwa yang benar-benar mencolok adalah banjir. Pada **Gambar 8.15**, terlihat bahwa peningkatan kejadian banjir meningkat secara signifikan di awal tahun 2021.

Jawablah pertanyaan berikut!

1. Apa itu bencana hidrometeorologi? Berdasarkan cuplikan berita di atas, uraikanlah jumlah bencana yang termasuk ke dalam kategori bencana hidrometeorologi yang telah terjadi di awal tahun 2021.
2. Perhatikanlah **Gambar 8.15**, terdapat grafik kejadian banjir dari tahun 2008 hingga Januari 2021 di Indonesia. Menurut Kalian, adakah hubungan antara grafik pada **Gambar 8.15** dengan grafik pada **Gambar 8.14**? Jelaskanlah jawaban Kalian didukung dengan teori dan data terkait yang Kalian dapatkan dari sumber terpercaya.

Sebagai masyarakat global kita perlu memiliki sikap kebhinnekaan global. Bumi tempat kita tinggal bersama-sama ini harus dijaga dan dilestarikan. Ini adalah tanggung jawab bersama.

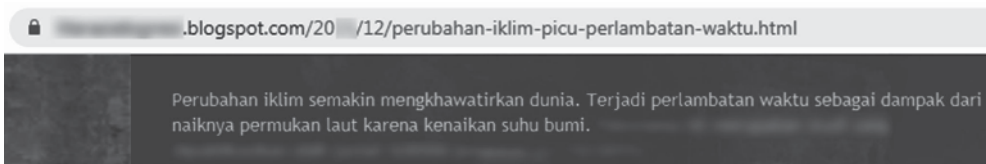
Sumber foto: Antaranews.com/Eduardo Munoz (2020)

Coba Kalian renungkan kalimat yang ditulis oleh Sekretaris Jenderal PBB Antonio Gutteres.

Tuliskanlah refleksi berikut ini pada buku latihan Kalian:

- Apakah yang sudah Kalian lakukan selama ini sehingga bumi berada dalam kondisi darurat iklim dan terjadi perubahan lingkungan?

- Apakah Kalian mau mengubah sikap dengan cara turut menjaga kelestarian lingkungan?
- Kontribusi apa yang sudah dan akan Kalian lakukan untuk melestarikan alam?

Kalian menemukan sebuah pernyataan pada sebuah artikel.

1. Apakah sumber bacaan tersebut merupakan sumber bacaan yang valid? Jelaskan alasan jawaban Kalian.
2. Lakukan diskusi kelompok apakah pernyataan di atas benar atau tidak. Berikan alasan Kalian dengan menjelaskan "**pengaruh kenaikan permukaan air laut terhadap perputaran Bumi**".

Referensi yang disarankan

- https://www.bbc.com/indonesia/media-52030307
- https://www.iberdrola.com/environment/melting-glaciers-causes-effects-solutions
- https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20160106124309-199-102560/perputaran-bumi-melambat-apa-dampaknya
- https://sains.kompas.com/read/2015/12/14/14361251/Muka.Air.Laut.Meningkat.Gerak.Bumi.Semakin.Lambat

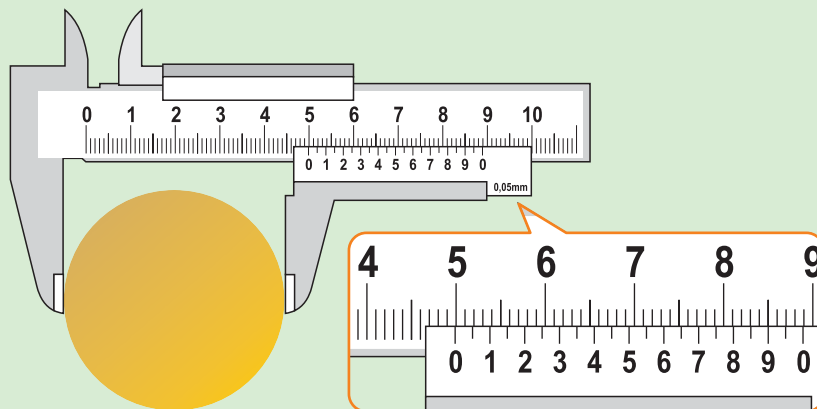
KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI REPUBLIK INDONESIA, 2021

Ilmu Pengetahuan Alam
untuk SMA Kelas X

Penulis: Ayuk Ratna Puspaningsih, Elizabeth Tjahjadarmawan, Niken Resminingpuri Krisdianti
ISBN: 978-602-244-380-3

Latihan Soal Terpadu

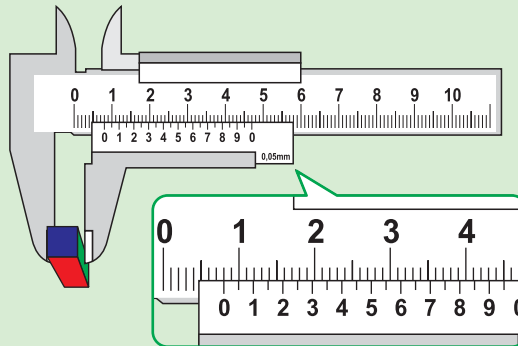
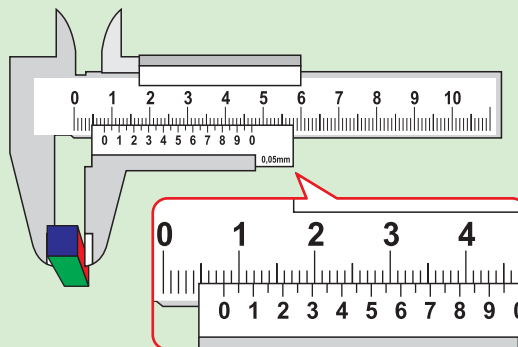
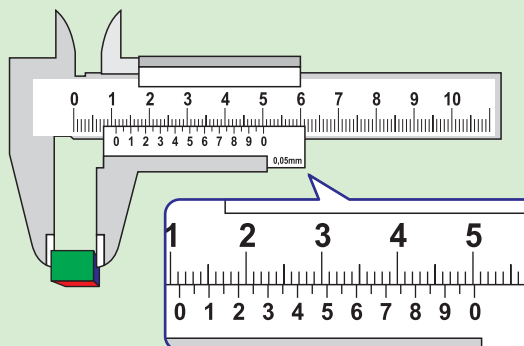
Soal 1

Pak Arif mengukur diameter sebuah pelat alumunium berbentuk lingkaran dengan menggunakan jangka sorong. Berikut ini merupakan gambar hasil pengukuran Pak Arif.

a. Tuliskanlah hasil pengukuran yang dilakukan Pak Arif, beserta nilai ketidakpastian pengukurannya.

b. Dengan menggunakan aturan angka penting dan notasi ilmiah, tentukanlah luas pelat alumunium tersebut dalam Satuan Internasional.

Soal 2

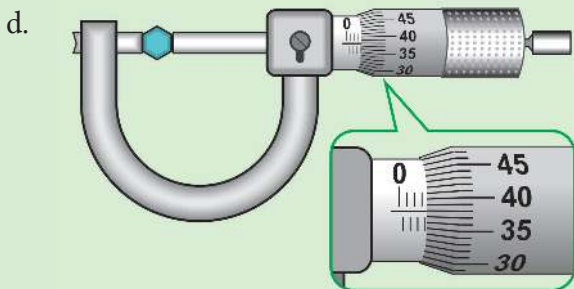
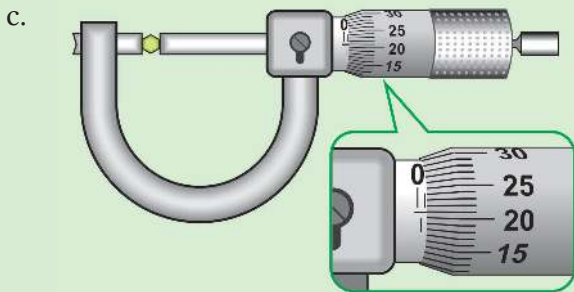
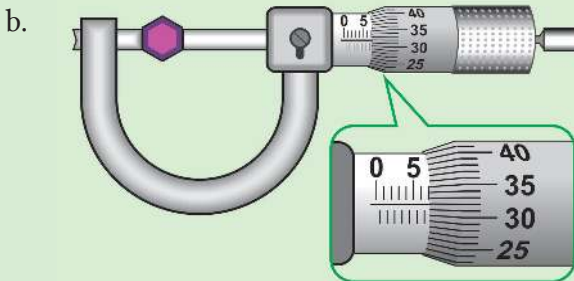
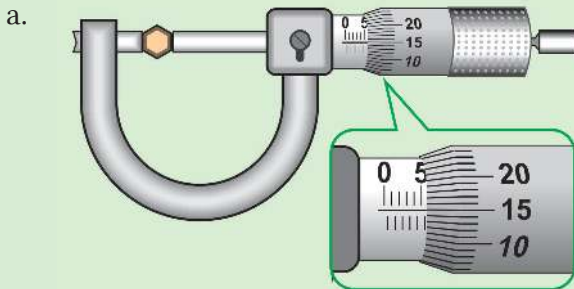
Berikut ini merupakan hasil pengukuran sebuah balok.

Panjang Balok

Lebar Balok

Tinggi Balok

Tentukanlah :

a. Hasil pengukuran panjang, lebar, dan tinggi balok tersebut.

b. Volume balok tersebut dalam Satuan Internasional dengan menggunakan aturan angka penting dan notasi ilmiah.

Soal 3

Tentukanlah hasil pengukuran beserta nilai ketidakpastian pengukurannya dengan menggunakan mikrometer sekrup dari gambar-gambar berikut ini.

Soal 1

Berikut adalah ringkasan artikel yang berjudul “Inactivation of Viruses on Surfaces by Ultraviolet Germicidal Irradiation” yang ditulis oleh Chun-Chieh Tseng dan Chih-San Li.

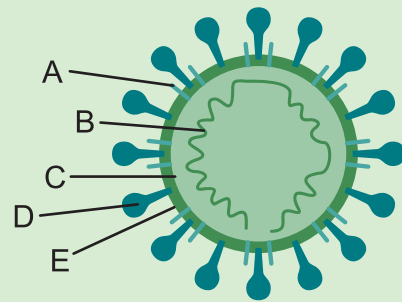
Iradiasi kuman ultraviolet (UVGI) adalah metode yang menjanjikan untuk menonaktifkan virus. Studi ini mengevaluasi efektivitas UVGI untuk virus pada permukaan medium berbasis gelatin dalam ruang paparan UV. Pengaruh dosis UV, jenis asam nukleat virus dan kelembaban relatif terhadap keaktifan virus diteliti. Dari keempat virus yang diuji, dosis UV 99% mengurangi virus 2 kali lebih tinggi daripada dosis UV 90%. Virus pada permukaan dengan asam nukleat beruntai tunggal lebih rentan terhadap inaktivasi UV dibandingkan virus dengan asam nukleat untai ganda. Untuk dosis UV pada 85% kelembaban relatif (RH) dapat mengurangi virus lebih tinggi dibandingkan pada kelembapan relatif 55% . Singkatnya, hasil menunjukkan bahwa UVGI adalah metode yang efektif untuk inaktivasi virus pada permukaan. Setelah penyinaran UV, urutan DNA mikroorganisme dapat membentuk dimer pirimidin, yang dapat mengganggu duplikasi DNA, serta menyebabkan kerusakan asam nukleat dan membuat virus tidak menginfeksi.

Artikel lengkap dapat Kalian baca pada link

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7196698/

Tseng, Chun-Chieh & Li, Chih-San. (2007). “Inactivation of Viruses on Surfaces by Ultraviolet Germicidal Irradiation”. J Occup Environ Hyg. 4(6): 400-405. Inactivation of Viruses on Surfaces by Ultraviolet Germicidal Irradiation”

Berdasarkan ringkasan artikel tersebut, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

a. Pada gambar disamping, lingkarilah bagian virus corona manakah yang mengalami kerusakan akibat sinar UV?

b. Analisislah tahapan mana dalam replikasi yang terganggu akibat rusaknya struktur tersebut?

Tahapan	Terganggu	Tidak Terganggu
Pelekatan		
Injeksi		
Sintesis		
Perakitan		
Lisis		

Berikan alasan Kalian!

c. Jika Kalian ingin melakukan penelitian untuk menguji efektifitas lamanya penyinaran UV terhadap rusaknya struktur virus corona, maka identifikasilah pernyataan yang benar dan salah tentang percobaan yang Kalian lakukan!

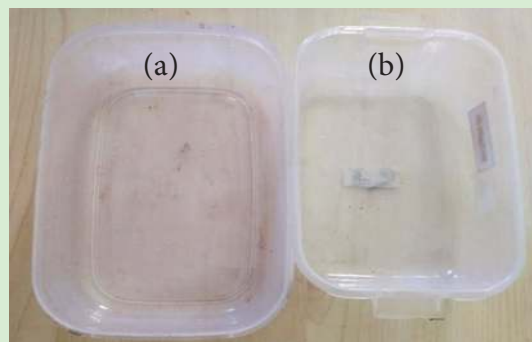
Pernyataan	Benar	Salah
Varibel terikat dalam penelitian ini adalah lamanya penyinaran UV		
Akan dilakukan perbandingan jumlah virus yang rusak pada kelompok virus yang diberi penyinaran 10 menit dengan kelompok virus yang diberi penyinaran 30 menit		
Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai dasar menentukan lamanya penyinaran UV untuk merusak virus corona		

Berikan alasan kenapa jawabannya benar atau salah!

Soal 2

Dua ratus orang siswa mengikuti kompetisi sains di Universitas A. Pada kompetisi tersebut, 200 siswa tersebut harus mengikuti program karantina di asrama yang disediakan oleh kampus tersebut selama 6 hari sebelum kompetisi tersebut berlangsung. Selama enam hari karantina, petugas catering asrama kampus mendapati siswa-siswa tersebut tidak menghabiskan makanannya, sehingga terdapat sampah sisa makanan. Berikut ini merupakan tabel jumlah makanan sisa yang dihasilkan per hari selama periode enam hari.

Hari ke-	Sampah sisa makanan (dalam kg)				
	Sarapan	Makanan Ringan	Makan Siang	Makan Malam	Total
1	5	5	18	15	43
2	6	4	16	14	40
3	5	4	18	13	40
4	4,5	5	16	16	41,5
5	5	4	18	14	41
6	5	4	15	16	40

Porsi makanan siswa peserta lomba diisi penuh sesuai ukuran kemasan kotak makan.

(a) Kotak makan siang dan makan malam
(b) Kotak sarapan

Pada hari terakhir karantina, manajer catering menyebarkan angket saran untuk mengurangi sampah sisa makanan untuk acara berikutnya. Berikut ini merupakan dua sampel saran.

Saran 1 : Porsi makan siang dan makan malam perlu dikurangi menjadi setengah dari porsi sarapan, sebab ukuran kotak makan siang dan makan malam sepertiga kali lebih besar dari ukuran kotak sarapan, dan sampah makanan sisa makan siang hampir tiga kali lipat dari jumlah sampah saat sarapan.

Saran 2 : Tidak perlu mengendalikan jumlah sisa makanan, sebab dampaknya pada berkurangnya produksi biogas di pabrik Biogas kampus, sehingga dapat mengganggu ketersediaan produksi gas dan listrik di kampus.

Sumber: https://kviffcogimlibrary.files.wordpress.com/2019/11/scientific-literacy-questions.pdf

a. Berdasarkan artikel tersebut tentukan pernyataan berikut benar atau salah?

Pernyataan	Benar	Salah
Sampah sisa makanan (organik) akan mengalami fermentasi aerob sehingga dihasilkan gas metana (CH_4) yang merupakan polutan penyebab pemanasan global.		
Makan dengan meninggalkan sampah sisa makanan (organik) merupakan penerapan prinsip kimia hijau.		
Sampah sisa makanan (organik) dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik melalui reaksi kimia fermentasi anaerob yaitu: $1\ C_6H_{12}O_6\ (s) \rightarrow 2\ C_2H_5OH\ (l) + 2\ CO_2\ (g)$		
Sampah sisa makanan berupa plastik akan mencemari lingkungan jika dibakar sehingga sebaiknya didaur ulang misalnya dipakai sebagai pot tanaman atau hiasan.		
Sampah sisa makanan (organik) jika dibakar di udara terbuka akan mengalami reaksi kimia menghasilkan gas CO dan CO_2 yang tidak berbahaya bagi kesehatan.		

Berikan alasan kenapa jawabannya benar atau salah!

b. Prediksilah persamaan reaksi kimia yang terjadi pada sampah sisa makanan (organik) yang dibiarkan tanpa diolah. Bagaimana hasil dari reaksi kimia yang terjadi terkait 12 prinsip kimia hijau? Kalian boleh mencari informasi dari berbagai sumber untuk menjawab pertanyaan ini lalu tulislah sumber referensi yang dirujuk.

c. Kemukakan ide Kalian terhadap pemanfaatan sampah sisa makanan (organik) tersebut sehingga kelestarian lingkungan tetap terjaga.

d. Jika keseluruhan mahasiswa tersebut adalah vegetarian dan diketahui makanan tersebut dipanen dari sebidang tanah dengan memperoleh energi yang sinar matahari sebesar 1000 joule, maka berapakah energi yang diterima oleh mahasiswa dari makanannya tersebut?
   a. 1000 joule
   b. 100 joule
   c. 10 joule
   d. 1 joule

e. Berikut adalah contoh menu makan siang dan makan malam mahasiswa tersebut.

Menu 1	Menu 2
1. nasi merah 2. sawi 3. jamur kuping	1. nasi putih 2. kacang panjang 3. wortel 4. tempe

Berdasarkan menu tersebut, berikan contoh keanekaragaman hayati yang Kalian temukan.

Tingkatan Keanekaragaman Hayati	Contoh Pada Menu
Jenis	
Spesies	
Ekosistem	

f. Jodohkanlah nama dan kingdom yang sesuai dengan menarik garis.

Tempe	**Kingdom Animalia**
Buah Pepaya	**Kingdom Fungi**
Sawi	**Kingdom Plantae**
Nasi	**Kingdom Protista**
Jamur Kuping	

g. Jika Kalian ingin meneliti tentang pengaruh ukuran kotak makanan dengan jumlah sisa makanan, maka identifikasilah benar atau salah pernyataan berikut.

Pernyataan	Benar	Salah
Variabel terikat dalam penelitian ini adalah jumlah sisa makanan.		
Kalian akan membandingkan sisa makanan pada kotak plastik dengan kotak stayrofoam.		
Penelitian ini bertujuan untuk menemukan menu favorit mahasiswa.		

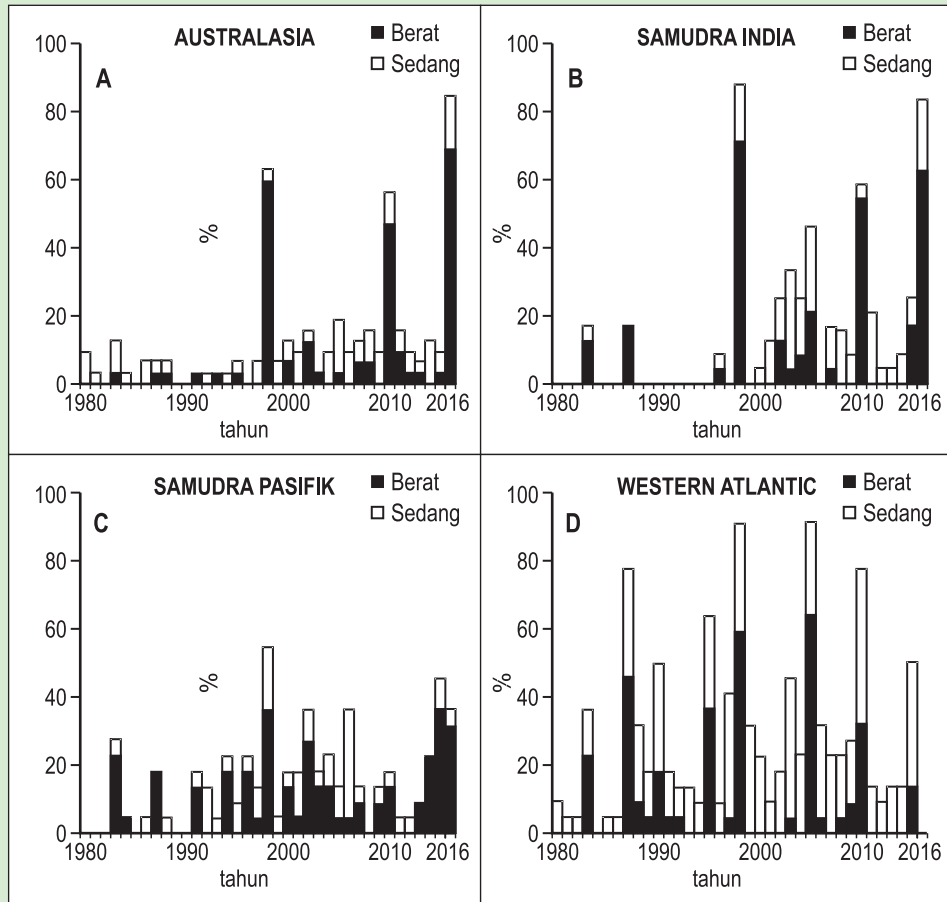
Berikan alasan kenapa jawaban Kalian benar atau salah!

h. Setelah ditelaah ditemukan bahwa makanan sisa selalu kacang panjang. Apabila petani di daerah tersebut tidak lagi menanam kacang panjang padahal ada ulat dari jenis kupu-kupu tertentu yang hanya memakan daun kacang panjang. Identifikasilah benar atau salah pernyataan berikut.

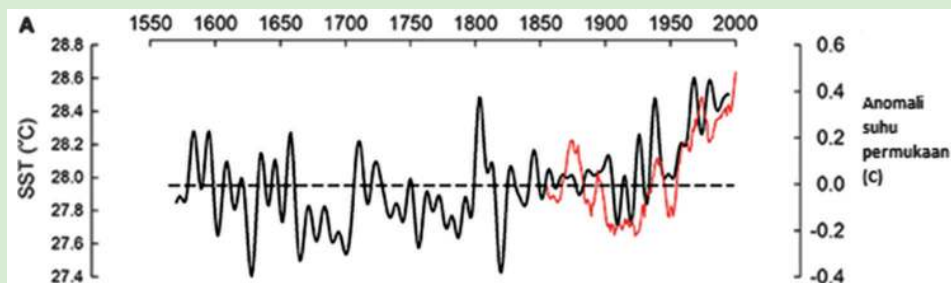
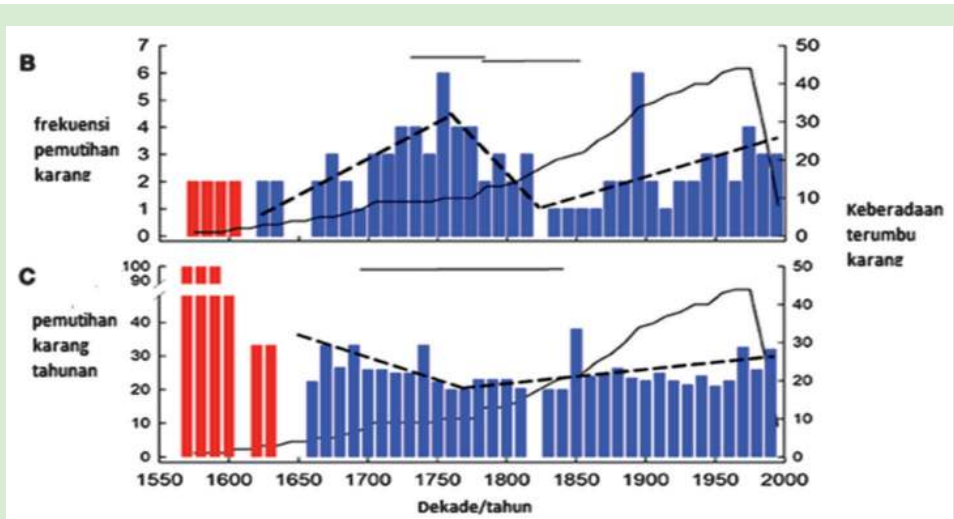
Pernyataan	Benar	Salah
Populasi kupu-kupu akan meningkat.		
Burung pemakan ulat akan menurun.		
Interaksi antara kacang panjang dengan ulat adalah predasi.		

Berikan alasan kenapa jawaban Kalian benar atau salah!

Soal 3

Berikut adalah data pemutihan karang di beberapa daerah dan data tentang hubungan suhu dan pemutihan pada karang.

Hughes et al. (2017)

(Sumber: Hughes, TP, Kerry, JT, Álvarez-Noriega, M et al. (43 more authors) (2017) Global warming and recurrent mass bleaching of corals. Nature, 543 (7645). pp. 373-377. ISSN 0028-0836.)

(sumber: Kamenos, Nicholas A. & Hennige, Sebastian J. (2018). Reconstructing Four Centuries of Temperature-Induced Coral Bleaching on the Great Barrier Reef. https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00283).

(sumber: Kamenos, Nicholas A. & Hennige, Sebastian J. (2018). Reconstructing Four Centuries of Temperature-Induced Coral Bleaching on the Great Barrier Reef. https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00283).

1. Berdasarkan data pada ketujuh grafik tersebut, tentukanlah benar atau salah pernyataan berikut.

Pernyataan	Benar	Salah
Samudra India dan Australia merupakan daerah yang mengalami pemutihan karang terbesar pada tahun 2016		
Peningkatan suhu berbanding lurus dengan pemutihan karang		
Pada tahun 2020 terjadi peningkatan suhu hingga 0,4^0 C		
Berdasarkan grafik, empat wilayah tersebut memiliki tren penurunan pemutihan karang		

2. Manakah kondisi yang akan terjadi jika pemutihan karang terjadi terus.

Kondisi	Terjadi	Tidak Terjadi
Ikan karang akan menurun populasinya		
Keanekaragaman hayati daerah pesisir berkurang		
Terumbu karang meningkat populasinya		

Soal diadaptasi dari sumber: https://www.oecd.org/pisa/38709385.pdf

Soal no 1, 2, dan 3 dikerjakan berdasarkan artikel berikut.

Diskusi kelompok sebagai salah satu bagian dari proses pembelajaran di kelas IPA pagi itu berlangsung seru. Si A salah satu anggota dalam kelompok itu mengemukakan bahwa menurut sumber referensi yang ia baca, gas karbondioksida bukanlah penyebab utama efek rumah kaca. Sementara si B mengemukakan hasil penelusuran informasi yang menunjukkan bahwa efek rumah kaca relatif disebabkan oleh empat gas yang tercantum pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Efek Rumah Kaca Relatif per Molekul Gas

Efek rumah kaca relative per molekul gas			
Karbondioksida	**Metana**	**Dinitrogenoksida**	**Klorofluorokarbon**
1	30	160	17000

Diskusi kelompok terus berjalan. Si C anggota kelompok lainnya mengemukakan hasil penelusuran informasi berupa **Tabel 2**.

Tabel 2. Kontribusi Gas Rumah Kaca terhadap Pemanasan Global

Gas Rumah Kaca	Kontribusi pada pemanasan global	Sumber Emisi
CO_2	61%	Pembakaran bahan bakar fosil dan penebangan hutan
CH_4	15%	Aktivitas biologis dan dekomposisi *landfills*
N_2O	4%	Pupuk, pembakaran bahan bakar fosil
CFC	12%	Aerosol propelan, pendingin dan aktivitas industri
O_3 dan gas-gas lainnya	8%	Reaksi-reaksi kimia dari pembakaran

Soal 1

Setelah semua anggota kelompok menganalisis **Tabel 1** ternyata mereka belum dapat menyimpulkan gas mana yang menjadi penyebab utama kenaikan efek rumah kaca. Mereka memerlukan tambahan data yang akan membantu untuk menyimpulkan gas utama penyebab peningkatan rumah kaca. Manakah diantara data berikut yang paling sesuai untuk membantu mereka menyimpulkan jawabannya?

a. Data tentang sumber masing-masing gas.
b. Data tentang penyerapan keempat gas tersebut oleh tanaman.
c. Data tentang ukuran molekul masing-masing gas.
d. Data tentang jumlah masing-masing gas di atmosfer.
e. Data tentang bahaya masing-masing gas dalam kehidupan sehari-hari.

Soal 2

Si C dan anggota lainnya membahas **Tabel 2** terkait kontribusinya terhadap pemanasan global dan sumber emisinya. Pernyataan yang kurang tepat hasil diskusi kelompok dalam kelas adalah ......

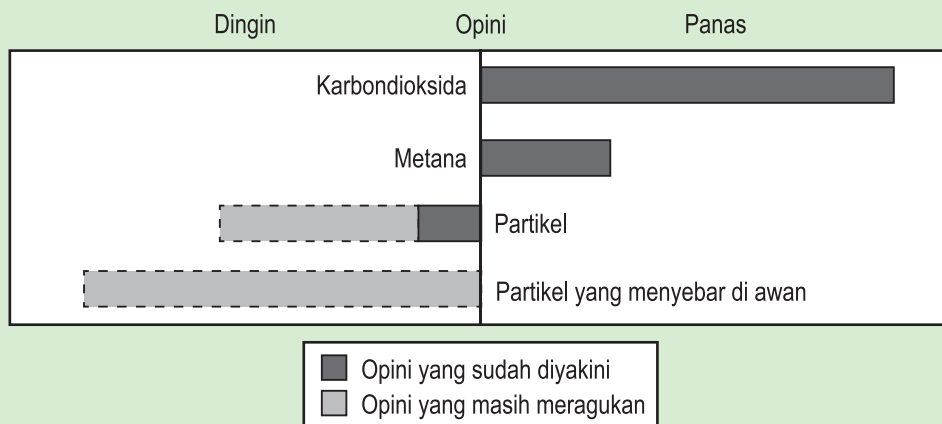
a. Gas rumah kaca yang memberi kontribusi terbesar pada pemanasan global adalah gas CO_2.
b. Pengaruh positif peningkatan gas CO_2 di atmosfer ini adalah penyerapan gas ini oleh tanaman hijau melalui proses fotosintesis. Ketidakseimbangan jumlah CO_2 yang tersedia (0,03% di udara) dengan yang digunakan oleh tanaman menyebabkan suhu bumi terus naik.
c. Penggunaan mobil listrik, dan metode penebangan hutan tanpa membakar adalah upaya yang efektif mengurangi emisi gas rumah kaca.
d. Pemanfaatan limbah organik rumah tangga sebagai pupuk akan mengurangi emisi gas metana di udara.
e. Ozon (O_3) adalah gas berbahaya yang merupakan gas rumah kaca sehingga penipisan ozon akan mengurangi pemanasan global.

Soal 3

Untuk mengatasi peningkatan gas rumah kaca maka perlu diterapkan prinsip-prinsip kimia hijau yang menjaga bumi tetap lestari. Berikut adalah pernyataan yang tidak mendukung implementasi prinsip kimia hijau.

a. Menggunakan bahan kimia secukupnya dan mengolah limbah hasil reaksi kimia.
b. Mencegah timbulnya limbah pada proses kimia.
c. Efisiensi energi semaksimal mungkin.
d. Sintesis suatu produk menggunakan bahan baku alami yang ramah lingkungan sebagai pengganti bahan kimia.
e. Penggunaan bahan kimia yang meminimalkan potensi kecelakaan kerja.

Soal 4

Pembakaran batu bara, minyak dan gas alam, penggundulan hutan, kegiatan pertanian dan industri turut mengubah komposisi atmosfer dan berkontribusi terhadap perubahan iklim. Aktivitas manusia ini telah menyebabkan peningkatan konsentrasi partikel dan gas rumah kaca di atmosfer. Peningkatan konsentrasi gas karbondioksida dan gas metana menaikkan suhu bumi. Adapun baik bertambahnya konsentrasi partikel maupun konsentrasi partikel yang bertebaran di awan justru menurunkan suhu bumi. Gambar berikut menunjukkan kontributor utama penyebab perubahan suhu di atmosfer.

Analisis Gambar tersebut lalu jawablah pertanyaan berikut:

a. Apakah yang menjadi kontributor utama pemanasan global?
b. Hal manakah yang masih diduga menurunkan suhu bumi?
c. Tulislah reaksi kimia setara dari pembakaran sempurna gas metana.
d. Carilah informasi dari berbagai sumber untuk mengemukakan bahwa partikel-partikel yang tersebar di awan dapat menyebabkan penurunan suhu bumi. Partikel apa sajakah dan apa hubungannya dengan aktivitas manusia? Tulislah sumber informasi yang Kalian rujuk.
e. Jelaskan prinsip-prinsip kimia hijau yang manakah yang tidak didukung oleh aktivitas manusia yang tertulis pada artikel tersebut?
f. Kembangkan argumen terhadap kegiatan manusia yang tertulis pada artikel tersebut sehingga mendukung pengurangan emisi gas karbondioksida.

Soal diadaptasi dari sumber: UNESCO International Science, Technology & Environmental Education Newsletter, Section from an article entitled 'The Chemistry of Atmospheric policy', Vol. XXII, No. 2, 1997

Bacalah artikel berikut.

Atmosfer adalah samudra udara dan sumberdaya alam yang berharga untuk kehidupan di bumi. Sayangnya aktivitas manusia baik untuk kepentingan nasional maupun pribadi menyebabkan kerusakan atmosfer yaitu penipisan lapisan ozon sebagai perisai pelindung bagi kehidupan di Bumi.

Molekul ozon terdiri dari tiga atom oksigen sedangkan molekul oksigen yang terdiri dari dua atom oksigen. Jumlah molekul ozon lebih sedikit dari molekul oksigen. Setiap sejuta molekul udara hanya terdapat sepuluh molekul ozon. Kendati demikian selama hampir satu miliar tahun, kehadiran molekul ozon di atmosfer telah berperan penting dalam menjaga kehidupan di Bumi. Bergantung pada lokasinya, ozon dapat melindungi atau bahkan membahayakan kehidupan di Bumi. Molekul ozon di troposfer (hingga 10 kilometer di atas permukaan bumi) adalah ozon yang "berbahaya". Ozon "berbahaya" ini dapat merusak jaringan paru-paru dan tumbuhan. Tapi sekitar 90 persen ozon yang ditemukan di stratosfer (antara 10 dan 40 kilometer di atas permukaan bumi) adalah ozon yang "baik". Ozon "baik" ini berperan menguntungkan karena menyerap ultraviolet (UV B) yang berbahaya dari radiasi sinar matahari.

Tanpa lapisan ozon yang menguntungkan ini, manusia akan lebih mudah terserang penyakit tertentu. Pada dekade terakhir jumlah molekul ozon telah menurun. Pada tahun 1974-1987 para ilmuan menduga bahwa klorofluorokarbon (CFC) adalah penyebabnya. Pada September 1987 para diplomat dari seluruh dunia bertemu di Montreal (Kanada) dan mereka setuju untuk menetapkan batasan tajam penggunaan CFC bagi aktivitas industri, kantor, dan rumah tangga.

Soal 1

Tulislah rumus kimia dari molekul ozon dan rumus kimia untuk molekul oksigen.

Soal 2

Berdasarkan rumus kimianya istilah manakah yang paling tepat menyebut molekul ozon maupun molekul oksigen? Untuk menjawab ini Kalian dapat mempelajari ulang **Bab 3 (Gambar 3.6**).

A. Atom
B. Molekul
C. Unsur
D. Molekul unsur
E. Molekul senyawa

Soal 3

a. Berapakah jumlah elektron, proton, dan neutron pada atom oksigen?
b. Tentukan jumlah kulit, elektron valensi, konfigurasi elektron menurut model atom Bohr pada atom Oksigen.
c. Berdasarkan konfigurasi elektronnya, terletak pada golongan dan periode berapakah unsur Oksigen dalam tabel SPU?
d. Bagaimana kecenderungan jari-jari atom Oksigen jika dibandingkan jari-jari atom pada unsur-unsur logam alkali dan alkali tanah yang sama periodenya?

Soal 4

Ozon juga terbentuk selama terjadi petir. Ini menyebabkan bau khas setelah petir berlalu. Berdasarkan artikel tersebut, ozon yang manakah yang terbentuk saat badai petir ini (apakah ozon "baik" atau ozon "berbahaya") dan mengapa demikian? Pilihlah jawaban paling tepat yang didukung oleh teks pada artikel tersebut.

A. Ozon yang "berbahaya" karena dibentuk selama cuaca buruk berlangsung.
B. Ozon yang "berbahaya" karena dibentuk pada lapisan troposfer.
C. Ozon yang "baik" karena dibentuk pada lapisan stratosfer.
D. Ozon yang "baik" karena menimbulkan aroma yang enak.

Soal 5

Tulislah persamaan reaksi kimia kemungkinan reaksi CFC dengan ozon di stratosfer. Kalian dapat mengacu pada materi Bab 8 (Penggunaan Freon dalam Kehidupan Sehari-hari) untuk menjawab pertanyaan ini.

Glosarium

abiotik komponen tak hidup pada ekosistem

aerob keadaaan yang mengandung udara (gas oksigen)

aerosol bahan yang disusun dari partikel padat atau cair yang tersebar dalam fasa gas

agenda kegiatan yang terencana.

alih fungsi lahan perubahan fungsi sebagian atau keseluruhan kawasan lahan dari fungsinya semula (seperti yang direncanakan) menjadi fungsi lain yang menjadi dampak negatif terhadap lingkungan dan potensi lahan itu sendiri

amandemen adalah usulan undang-undang yang dibicarakan dalam Dewan Perwakilan Rakyat

anaerob keadaan yang tidak mengandung udara (tidak ada gas oksigen)

analisis kegiatan berpikir detil dan teliti untuk menemukan sebab dan akibat

angka penting nilai dari hasil pengukuran yang terdiri atas angka pasti dan angka taksiran

animalia kingdom hewan

antibiosis interaksi dua jenis mahkluk hidup dimana salah satu mahkluk hidup tersebut mengeluarkan racun untuk membunuh mahkluk hidup lainnya

antibodi protein larut yang dihasilkan oleh sistem imunitas sebagai respons terhadap keberadaan suatu antigen dan akan bereaksi dengan *antigen* tersebut

asam humat nama senyawa kimia yang terdapat dalam tanah rawa.

asam nukleat *polimer* yang tersusun atas rantai nukleotida yang mengandung informasi genetik. Dua jenis asam nukleat adalah DNA dan RNA

atmosfer lapisan udara yang menyelimuti permukaan bumi

atom ekonomi penghematan atom-atom yang bereaksi secara kimia untuk mengurangi penggunaan bahan kimia

bauksit mineral yang mengandung logam aluminium dan unsur oksigen

beda potensial listrik banyaknya energi listrik yang dibutuhkan untuk memindahkan muatan listrik dari suatu tempat ke tempat lainnya

besaran sesuatu yang ingin diketahui ukurannya dengan skala satuan tertentu

besaran skalar besaran yang memiliki nilai dan tidak memiliki arah

besaran vektor besaran yang memiliki nilai dan arah

biopestisida pestisida yang mengandung mikroorganisme seperti bakteri patogen, virus dan jamur

bioremediasi pemanfaatan mikroorganisme (jamur, bakteri) untuk membersihkan senyawa pencemar (polutan) dari lingkungan

bioteknologi cabang ilmu yang mempelajari pemanfaatan makhluk hidup untuk menghasilkan barang dan jasa

biotik komponen mahkluk hidup pada ekosistem

bruto kasar

catalityc converter alat yang dapat mengubah gas polutan beracun menjadi gas buangan yang lebih tidak berbahaya. alat ini dipasang pada kendaraan bermotor

daur biogeokimia siklus unsur atau senyawa kimia yang berasal dari komponen abiotik menuju ke komponen biotik dan kembali lagi ke komponen abiotik

daya usaha per satu satuan waktu

digital sesuatu yang berhubungan dengan angka-angka

dimensi cara penyusunan suatu besaran turunan dari besaran-besaran pokok

dolomit sejenis kapur yang digunakan untuk memupuk tanaman dan menaikkan tingkat keasaman tanah

droplet cairan atau cipratan liur yang dikeluarkan seseorang dari hidung atau mulut saat bersin, batuk, bahkan berbicara

efikasi angka yang didapatkan melalui uji klinis

ekosistem unit struktural dan fungsional ekologi dimana organisme hidup berinteraksi satu sama lainnya dan dengan lingkungan sekitarnya

ekosistem keanekaragaman suatu komunitas dan lingkungannya

el niño peristiwa meningkatnya suhu permukaan laut di daerah samudera pasifik bagian tengah hingga timur

elektromagnetik gelombang yang bisa merambat tanpa media

elementer bagian-bagian dari suatu benda

emisi pancaran cahaya atau panas.

energi kemampuan untuk melakukan usaha

energi kinetik energi yang dimiliki oleh benda bergerak

energi listrik energi yang timbul akibat adanya pergerakan muatan-muatan listrik

energi mekanik penjumlahan dari energi kinetik dan energi potensial

energi potensial energi yang dimiliki oleh benda yang berada pada posisi/kedudukan tertentu.

fauna hewan

fermentasi reaksi penguraian bahan-bahan menjadi lebih sederhana yang dibantu oleh mikroorganisme.

fisika ilmu yang mempelajari tentang materi dan energi, beserta interaksinya.

flora tumbuhan

fosil sisa, jejak, atau bekas binatang maupun tumbuhan masa lalu yang berada dalam bumi

foton paket energi radiasi elektromagnetik

fungi sel eukariotik yang tidak memiliki klorofil, tumbuh sebagai hifa, memiliki dinding sel yang mengandung kitin, bersifat heterotrof, menyerap nutrien melalui dinding selnya, dan mengekskresikan enzim ekstraselular ke lingkungan melalui spora, melakukan reproduksi seksual dan aseksual

gas rumah kaca gas-gas yg ada di atmosfer misalnya CO_2. CH_4. nitrogenoksida yang menyebabkan pemanasan global

gas tertawa senyawa kimia dengan rumus N_2O, gas ini tidak berwarna dan tidak mudah terbakar

gaya ukuran kekuatan yang bekerja pada suatu benda, mengakibatkan suatu benda mengubah keadaan geraknya

gelombang perambatan energi tanpa disertai perpindahan partikel-partikel medium yang dirambatinya

gen terapeutik gen normal yang disisipkan pada virus pada terapi gen

geologi ilmu yang mempelajari tentang planet bumi dan isinya

global menyeluruh

gravitasi suatu gaya tarik yang dimiliki oleh benda bermassa

hambatan listrik ukuran kesukaran suatu bahan dalam menghantarkan arus listrik

hemoglobin protein sel darah merah yang berfungsi mengangkut oksigen dalam tubuh

hewan asiatis hewan yang berada di wilayah dataran pulau sunda sebelah barat garis *wallace*

hewan australis hewan yang berada di wilayah bagian timur garis weber yang memiliki ciri-ciri seperti hewan di benua Australia

hewan endemik spesies hewan alami yang hanya ditemukan di satu tempat dan tidak ditemukan di tempat lain

hewan peralihan hewan yang tidak mempunyai kesamaan dengan hewan asia ataupun hewan australia.

hibrida turunan dari campuran dua jenis hal yang berbeda

hifa struktur menyerupai benang yang terdiri dari atas satu atau banyak sel yang dikelilingi dinding berbentuk pipa

hipotesis jawaban sementara dari masalah yang perlu diuji kebenarannya melalui eksperimen

imun daya tahan tubuh

inert keadaan tidak mudah bereaksi dengan zat lain

infeksi kemasukan bibit penyakit

infografis informasi visual yang menarik dan memudahkan pembaca untuk memahami data tabel, grafik, diagram, atau kurva

insulin hormon yang berfungsi membantu penyerapan glukosa ke dalam sel-sel tubuh untuk mengendalikan gula darah

interaksi hubungan komunikasi dua arah

ion atom yang melepaskan elektron valensinya atau menangkap elektron dari atom lain

ion hidronium ion hidrogen yang bereaksi dengan molekul air

isolator bahan yang menghambat daya hantar listrik

jaring-jaring makanan gabungan dari beberapa rantai makanan yang siklusnya saling berhubungan

kalibrasi pengaturan akurasi suatu alat ukur dengan cara membandingkan alat ukur dengan acuan standar alat ukur tersebut

kalor energi panas yang berpindah dari benda bersuhu tinggi menuju benda bersuhu rendah

kalor jenis banyaknya kalor yang dibutuhkan 1 gram zat untuk menaikkan suhunya sebesar 1°C

kapsid selubung protein virus

karsinogenik sifat bahan yang menyebabkan kanker

katalis zat yang membantu reaksi kimia berjalan lebih cepat

katalitik converter alat yang dipasang dalam mesin kendaraan bermotor yang berfungsi mengubah gas-gas beracun menjadi gas-gas yang lebih ramah lingkungan.

katarak gangguan penglihatan karena keadaan lensa mata yang keruh dan berselaput

keanekaragaman hayati tingkat ekosistem keanekaragaman hayati yang terjadi antar ekosistem

keanekaragaman hayati tingkat gen keanekaragaman yang ada dalam satu spesies.

keanekaragaman hayati tingkat jenis keanekaragaman hayati yang terjadi antar spesies

kedirgantaraan sesuatu yang meliputi ruang udara dan antariksa

kelajuan jarak yang ditempuh benda tiap satu satuan waktu.

kloning teknologi yang di gunakan untuk menghasilkan hewan yang sama yang identik secara genetik

konduktivitas sifat daya hantar kalor atau panas

konduktor bahan yang bersifat menghantarkan listrik

korosi perkaratan yaitu reaksi logam besi dengan air dan udara di sekitarnya sehingga menghasilkan lapisan tipis berwarna merah kecoklatan

kuantum banyak atau jumlah dari sesuatu. dalam hal ini merupakan energi yang tidak dapat dibagi-bagi

kuat arus listrik banyaknya muatan listrik yang mengalir dalam satu satuan waktu

kultur jaringan metode untuk mengisolasi bagian dari tanaman seperti sekelompok sel atau jaringan yang ditumbuhkan dalam kondisi aseptik, sehingga bagian tanaman tersebut dapat memperbanyak diri tumbuh menjadi tanaman lengkap kembali

la niña peristiwa menurunnya suhu permukaan laut di daerah samudera pasifik bagian tengah hingga timur

limfosit salah satu jenis sel darah putih yang menghasilkan antibodi

lisis peristiwa pecah atau rusaknya membran sel dan menyebabkan keluarnya organel sel

literasi keterampilan untuk mencari informasi dan memahaminya

logam tanah jarang sekumpulan logam yang ada pada periode keenam tabel periodik unsur (berjumlah 15) ditambah logam skandium dan itrium

massa sejumlah materi yang terkandung dalam suatu benda.

materi genetik informasi pada setiap sel makhluk hidup yang dapat diturunkan pada keturunan selanjutnya

medan listrik lingkungan di sekitar benda yang bemruatan listrik

medan magnet lingkungan di sekitar magnet yang dipengaruhi gaya magnet

mekanika ilmu dalam fisika yang mempelajari gerak suatu benda akibat pengaruh gaya yang diberikan kepada benda itu

metabolisme proses mengolah zat makanan di dalam tubuh yang diubah menjadi energi

metalurgi ilmu yang mempelajari proses pembuatan logam murni dari mineral batuan

mikoriza fungi yang bersimbiosis dengan akar tumbuhan

mikrometer satuan panjang yang besarnya satu persejuta meter

mol satuan jumlah zat dalam bahan kimia

molekuler sesuatu yang berkaitan dengan molekul

monera salah satu kingdom dalam klasifikasi biologi sistem lima kingdom yang terdiri dari mahkluk hidup yang bersel prokaryotik

mutagenik bahan yang menyebabkan perubahan gen pada makhluk hidup

nano satuan yang menyatakan seperseribu juta bagian

nanofiller bahan pengisi yang berukuran nano

nanometer satuan panjang yang besarnya satu perseribu juta meter

nanosilika bahan kimia silika yang berukuran nano

notasi ilmiah cara menuliskan nilai untuk mengakomodir nilai yang terlalu kecil atau terlalu besar

optis sesuatu yang terkait dengan penglihatan, lensa mata

organik bahan-bahan yang disusun dari atom karbon dan hidrogen yang berasal dari minyak bumi

ozon gas yang terdiri dari 3 atom oksigen serta berperan melapisi bumi dari radiasi sinar ultra violet

paceklik masa kemarau panjang sehingga tanaman padi dan tanaman lain sulit tumbuh

paralaks perubahan kedudukan suatu penglihatan dalam mengamati suatu objek

partikel bagian benda yang sangat kecil

partikulat partikel halus dalam suatu padatan

patogen agen yang dapat menyebabkan penyakit

pelapukan proses pembusukan benda organik oleh aktivitas mikroorganisme

pemanasan global peningkatan suhu rata-rata bumi akibat bertambahnya gas rumah kaca

pembalakan liar kegiatan penebangan, pengangkutan dan penjualan kayu yang tidak sah atau tidak memiliki izin dari otoritas setempat

pemutihan karang (bleaching) perubahan warna pada jaringan karang dari warna alaminya yang kecoklat-coklatan atau kehijau-hijauan, menjadi warna putih pucat. Pemutihan karang dapat mengakibatkan kematian pada karang

permeabilitas kemampuan bahan untuk meloloskan partikel dengan menembusnya

pestisida bahan yang dapat membunuh hama tanaman

pikometer satuan panjang yang besarnya satu pertriliun meter

pilot plant pabrik percontohan yang menghasilkan produksi pada skala kecil

piramida makanan diagram yang menampilkan susunan tingkat tropik satu dengan tingkat tropik lainnya berdasarkan jumlah atau masa atau jumlah energi pada setiap tropiknya

plantae kingdom tumbuhan

polutan zat pencemar

polyhedral salah satu bentuk virus yang bentuknya memiliki banyak bidang yang tak terhingga

populasi kumpulan individu sejenis dalam suatu wilayah tertentu

potensi kemampuan yang dimiliki dan memungkinkan untuk dikembangkan

predasi hubungan antara predator dengan mangsanya

prokrayotik sel yang tidak memiliki membran inti

protista mikroorganisme eukariota yang bukan hewan, tumbuhan, atau fungus

radiasi perpindahan panas tanpa media perantara misalnya panas dari matahari berpindah ke bumi

radioaktif suatu bahan yang bersifat dapat memancarkan radiasi kepada benda-benda di sekitarnya

rantai makanan peristiwa makan dan dimakan

reaktivitas sesuatu yang bersifat reaktif

rekayasa penerapan kaidah-kaidah ilmu dalam perancangan atau pembuatan sesuatu

replikasi virus proses perbanyakan tubuh virus pada sel inang

rotasi perputaran suatu benda terhadap porosnya

sampel sesuatu yang akan diukur atau dianalisis komponen di dalamnya

satuan pembanding yang digunakan dalam pengukuran suatu besaran

sel unit terkecil dari mahkluk hidup

siklus lisogenik siklus reproduksi virus yang pada tidak menyebabkan pecahnya sel inang tetapi asam nukleat virus tersisip pada sel inang

siklus litik siklus reproduksi virus yang pada akhirnya menyebabkan pecahnya sel inang

siklus materi perputaran materi yang terjadi diantara komponen ekosistem

simbiosis interaksi dua jenis mahkluk hidup yang hidup bersama

sintesis pembuatan suatu bahan

sistem internasional (SI) system satuan internasional yang ditetapkan oleh organisasi standar internasional yakni *International Bureau of Weights and Measures* (BPIM)

terapi gen suatu teknik terapi yang digunakan untuk memperbaiki gen-gen mutan (abnormal/cacat) yang bertanggung jawab terhadap terjadinya suatu penyakit

tetelo penyakit pada unggas yang mematikan

tingkat tropik posisi organisme dalam rantai makanan atau jaring makanan

titrasi metode untuk mengukur kadar suatu zat (cairan) menggunakan zat lain (cairan) yang sudah diketahui kadarnya

toksikologi pemahaman tentang bahan-bahan yang dapat merugikan organisme hidup

torsi gaya yang menyebabkan suatu benda berputar terhadap porosnya

transparan keadaan yang tembus cahaya

transuranium unsur yang nomer atomnya lebih besar dari 92

troposfer lapisan udara yang paling rendah yaitu berjarak 20 km dari permukaan bumi

vaksin zat atau senyawa yang berfungsi untuk membentuk kekebalan tubuh terhadap suatu penyakit

vektor agen pembawa

virotherapy metode pengobatan yang menggunakan replikasi virus sebagai agen antineoplastik yang selektif

virulensi kemampuan dari bibit penyakit untuk menimbulkan penyakit

virus agen infeksius submikroskopis non-seluler yang hanya bereplikasi di dalam sel hidup suatu organisme

virus DNA virus yang asam nukleatnya adalah DNA

virus oncolytic virus yang dimanfaatkan dalam dunia kesehatan untuk melisiskan sel kanker tanpa merusak sel non-kanker

virus RNA virus yang asam nukleatnya adalah RNA

Indeks

M

N

O

P

Daftar Pustaka

Ambarsari, N. dan Komala, N. 2013. "Korelasi ozon dan bromin monoksida di Indonesia berbasis observasi satelit AURA-MLS". Jurnal Sains Dirgantara, 2, 116-125

Ariningsih, E. 2016. "Prospek Penerapan Teknologi Nano dalam Pertanian". dalam Forum Penelitian Agro Ekonomi. 34 (1). 1-20

Brady, J.E., Holum, J.R. 1994. *General of Chemistry,* 5d Edition, New York : John Wiley & Son.

Brown, et. al. 2010. *Chemistry: The Central Science.* 13 th edition. Singapore: Pearson.

Chang, R. 2005. *Kimia Dasar Konsep-konsep Inti.* Edisi ke-3. Jilid 1. Jakarta: Erlangga

Damon, A., R. McGonegal, P. Tosto, & W. Wiliam. 2014. *Higher Level Biology.* Second Edition. Edinburg: Pearson Education Limited.

Giancolli, D. C. (2008). P*hysics for Scientists & Engineers with Modern Physics*, 4th Edition. US : Pearson Education, Inc

Halliday & Resnick. (2011). *Fundamental of Physics.* Ninth Edition. Jefferson City : R. R. Donelley.

Hewitt, Paul G. (2015). *Conceptual Physics.* Twelfth Edition. US : Pearson Education, Inc.

Jaime,W. 2004. "Phlogiston. The Rise and Fall of Theory". Indian Journal of Chemical Technology. 11. 732-743

Jones, M. 2013. *Biology Coursebook.* Third Edition. United Kingdom: Cambridge University Press.

Jones, M., R. Fosbery, J. Gregory, & D. Taylor. 2013. *Cambridge International AS and A Level Biology Coursebook.* Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Joshi, D.R and Nisha Adhikari. 2019. "Green Chemistry: Beginning, Recent Progress, and Future Challenges". Word Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. Volume 8, Issue 7, hal 280-293

Kanginan, M. (2002). *Fisika untuk SMA Kelas X*. Jakarta : Penerbit Erlangga.

Kotz, John C., et al. 2012. *Chemistry and Chemical Reactivity*. Enhanced Edition. Australia: Brooks/Cole Cengage Learning.

Lasmi, N. K. (2018). *Fisika untuk SMA/MA Kelas X*. Jakarta : Penerbit Erlangga.

Mader, S. S. 2015. *Biology*. 12th Edition. New York: McGrow-Hill Education.

Mietzsch, M. & Agbandje-McKenna, M. 2017. "The Good That Viruses Do". dalam Annual Riview of Virology Journal, 4, h. iii-v.

Oxtoby, D.W., H.P Gillis, and Norman, H.N. 1999. *Principles of Modern Chemistry*. Los Angeles: Univ California Pub.

Petrucci, Ralph H., William S. Harwood, and Geoff E. Herring. 2006. *General Chemistry : Principles and Modern Applications*. 9th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall

Poerba, Y. Y., D. Martanti. F. Ahmad, Herlina, T. Handayani & Witjaksono. 2014. *Deskripsi Pisang*. Jakarta: Lipi Press.

Reece, J. B., & Campbell, N. A. (2008). *Biology*. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings.

Sang, D., Jones, G., Chadha, G., & Woodside, R. (2010). *Cambridge International AS and A Level Coursebook*. Second Edition Physics. UK : Cambridge University Press

Seah, I., Su. S & Lingam, G. 2020."Revisiting the Dangers of the Coronavirus in the Ophthalmology Practice". dalam Eye Journal, 34, h.1155-1157.

Silberberg, M. 2010. *Chemistry*. 5 Ed. New York: Mc GrawHill

Timberlake, K.C. 2012. *Chemistry*. USA: Prentice Hall

Timberlake, Karen C. 2008. *Chemistry : An Introduction to General, Organic, and Biological Chemistry*. 10th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall Higher Education.

Tipler, P.(1998). F*isika Untuk Sains Dan Teknik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Tsai, W.T. 2014. E*ncyclopedia of Toxicology*. Maryland: Elsevier

Zumdahl-Zumdahl. 2010. *Chemistry*. 8 th Edition. USA: Cengage Learning.

Tautan dan Situs-situs Internet

Ajeng. 2014. ”Peningkatan Suhu Laut Mengkhawatirkan, Karang Paling Rentan”. 6 Agustus 2014, dilihat pada 5 Maret 2021. <https://nationalgeographic.grid.id/read/13292978/peningkatan-suhu-laut-mengkhawatirkan-karang-paling-rentan?page=all>.

Flowers, P., et.al 2012. “Periodic Variations in Element Properties-Variation in Covalent Radius”. https://courses.lumenlearning.com/sanjacinto-atdcoursereview-chemistry1-1/chapter/periodic-variations-in-element-properties/. Diunduh tanggal 27 Februari 2021 pukul 19.46 WIB

Hananto, A. 2018. ”Zhong Zhong dan Hua Hua, Monyet Hasil Kloning Ini Akan Hidup Menderita?”. 30 Januari 2018, dilihat pada 10 Februari 2021. <https://www.mongabay.co.id/2018/01/30/zhong-zhong-dan-hua-hua-monyet-hasil-kloning-ini-akan-hidup-menderita/>.

https://www.sciencedaily.com/terms/seawater.htm#:~:text=On%20average%2C%20seawater%20in%20the,sodium%20chloride)%20dissolved%20in%20it. Diunduh tanggal 25 Februari 2021 pukul 20.23 WIB

http://balittra.litbang.pertanian.go.id/index.php/berita/info-aktual/2330-bangkitnya-lahan-rawa. Diunduh tanggal 25 Februari 2021 pukul 20.23 WIB

http://www.fisika.lipi.go.id/webfisika/content/nanoteknologi-dapat-diterapkan-atasi-lumpur-lapindo. Diunduh tanggal 27 Februari 2021 pukul 19.46 WIB

http://www.ric.edu/faculty/PSCI103/Seawater/Seawater_notes.htm#:~:text=Seawater%20density%20increases%20from%201.0240,surface%20to%20bottom%20of%20ocean. Diunduh tanggal 25 Februari 2021 pukul 20.23 WIB

https://atmosphere.copernicus.eu/monitoring-ozone-layer. Diunduh tanggal 10 Maret 2021 pukul 21.00 WIB

https://edu.rsc.org/feature/the-logic-of-phlogiston/2000126.article. Diunduh tanggal 25 Februari 2021 pukul 20.23 WIB

https://kumparan.com/kumparannews/terdengar-ledakan-dan-bau-gas-dari-pabrik-kimia-di-cilegon-warga-sekitar-panik-1upY6vP4wUx/full/ Diunduh tanggal 20 Februari 2021 pukul 21.00 WIB

https://money.kompas.com/read/2020/07/20/060700826/seperti-apa-keberadaan-logam-tanah-jarang-di-indonesia-ini-kata-esdm?page=all. Diunduh tanggal 27 Februari 2021 pukul 19.46 WIB

https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20210203115349-384-601700/sensus-kendaraan-di-indonesia-lebih-dari-133-juta-unit. Diunduh tanggal 10 Maret 2021 pukul 21.00 WIB

https://www.differencebetween.com/difference-between-bohr-and-vs-quantum-model/#:~:text=Bohr%20model%20was%20proposed%20by,both%20particle%20and%20wave%20behavior. Diunduh tanggal 27 Februari 2021 pukul 19.46 WIB

https://www.esmfoundation.org/material-of-the-month-rare-earth-elements/. Diunduh tanggal 27 Februari 2021 pukul 19.46 WIB

https://www.liputan6.com/regional/read/3925727/ bioplastik-plastik-ramah-lingkungan-dari-singkong/. Diunduh tanggal 20 Februari 2021 pukul 21.00 WIB

https://www.pom.go.id. Diunduh tanggal 20 Februari 2021 pukul 21.00 WIB

https://www.researchgate.net/publication/334163727_green_chemistry_beginning_recent_progress_ and_future_challenges/ Diunduh tanggal 20 Februari 2021 pukul 21.00 WIB

https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/taniguchi. Diunduh tanggal 27 Februari 2021 pukul 19.46 WIB

https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/freon. Diunduh tanggal 10 Maret 2021 pukul 21.00 WIB

https://www.suara.com/tekno/2021/01/20/164554/ada-potensi-logam-tanah-jarang-dalam-lumpur-lapindo. Diunduh tanggal 27 Februari 2021 pukul 19.46 WIB

https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2020/07/E_infographics_14.pdf/ Diunduh tanggal 20 Februari 2021 pukul 21.00 WIB

http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/science-technology/basic-sciences/chemistry/green-chemistry-for-life/twelve-principles-of-green-chemistry/ Diunduh tanggal 20 Februari 2021 pukul 21.00 WIB

http://www.ric.edu/faculty/PSCI103/Seawater/Seawater_notes.htm#:~:text=Seawater%20density%20increases%20from%201.0240,surface%20 to%20bottom%20of%20ocean.

https://www.sciencedaily.com/terms/seawater.htm#:~:text=On%20average%2C%20seawater%20in%20the,sodium%20chloride)%20dissolved%20in%20it.

http://www.fisika.lipi.go.id/webfisika/content/nanoteknologi-dapat-diterapkan-atasilumpur-lapindo

Sumber: https://money.kompas.com/read/2020/07/20/060700826/seperti-apa-keberadaan-logamtanah-jarang-di-indonesia-ini-kata-esdm?page=all

https://osf.io/ufm78/

https://bekasi.pikiran-rakyat.com/nasional/pr-12753104/hasilkan-energi-239-gw-indonesia-jadi-negara-penghasil-panas-bumi-terbesar-nomor-2-di-dunia

http://lipi.go.id/lipimedia/indonesia-miliki-127-gunung-api-aktif/7448

Kurnia, M. I. G. A. 2015. "Kultur Jaringan pada Pisang". 4 April 2015, dilihat pada 10 Februari 2021. <https://bulelengkab.go.id/detail/artikel/kultur-jaringan-pada-pisang-35>.

Nugraha, I. 2014. "Populasi Bertambah, Kamera Pengintai Rekam 58 Badak Jawa pada 2013". 4 Maret 2014, dilihat pada 10 Februari 2021. <https://www.mongabay.co.id/2014/03/04/populasi-bertambah-kamera-pengintai-rekam-58-badak-jawa-pada-2013/>.

Paino, Christopel. (2020). "The Last Glacier, Runtuhnya Salju Abadi Papua". Mongabay, 17 Juni 2020, dilihat pada 17 Maret 2021. <https://www.mongabay.co.id/2020/06/17/the-last-glacier-runtuhnya-salju-abadi-papua/>.

Permana, Donaldi. ___. "Riset Perubahan Iklim berdasarkan Lapisan Es (Gletser) Tropis di Pegunungan Puncak Jaya, Papua". BMKG, dilihat pada 17 Maret 2021. <http://puslitbang.bmkg.go.id/litbang/luar-negeri/riset-perubahan-iklim-lapisan-es-tropis-di-pegunungan-puncak-jaya-papua/>

Robertson, P. 2020. "What Are The Best Materials For Making DIY fasks?". 8 Maret 2020, dilihat pada 10 Februari 2021. <https://smartairfilters.com/en/?s=What+Are+the+Best+Materials+for+Making+DIY+Masks%3>.

Sumartiningtyas, H. K. N. 2021. “Efikasi Vaksin Sinovac 65,3 Persen, Bagaimana Cara Menghitungnya?”. 12 Januari 2021, dilihat pada 10 Februari 2021. <https://www.kompas.com/sains/read/2021/01/12/135000423/efikasi-vaksin-sinovac-653-persen-bagaimana-cara-menghitungnya>.

Sumartiningtyas, Holy K. N. (2020). “Puncak Jaya Papua, Gletser Terakhir di Asia yang Diprediksi Punah Tahun Depan”. Kompas, 5 Desember 2020, dilihat pada 17 Maret 2021. <https://www.kompas.com/sains/read/2020/12/05/183300823/puncak-jaya-papua-gletser-terakhir-di-asia-yang-diprediksi-punah-tahun?page=all>

Wikipedia Contributors. 2021. “Daur Biogeokimia”. 31 Januari 2021, dilihat pada 10 Februari 2021. <https://id.wikipedia.org/wiki/Daur_biogeokimia>.

Wikipedia Contributors. 2021. “Efek Pemanasan Global pada Laut”. 4 September 2020, dilihat pada 8 Maret 2021. <https://id.wikipedia.org/wiki/Efek_pemanasan_global_pada_laut>.

Wikipedia Contributors. 2021. “Jalak Bali”. 22 Februari 2021, dilihat pada 23 Februari 2021. <https://id.wikipedia.org/wiki/Jalak_bali>.

Wikipedia Contributors. 2021. “Mikoriza”. 6 Januari 2021, dilihat pada 10 Februari 2021. <https://id.wikipedia.org/wiki/Mikoriza>.

Daftar Sumber Gambar

Tanpa Nama. (2020). “Truck Balok Patah Baut Roda Belakang, Ditabrak Hingga Truck Barang Terbalik”. GoSumut, 8 Desember 2020, dilihat pada 21 Januari 2021. <https://www.gosumut.com/berita/baca/2020/12/08/truck-balok-patah-baut-roda-belakang-ditabrak-hingga-truck-barang-terbalik>.

Parker, Kalina. (2018). ____. “Baut pada Ban Truk”. Pixabay.com, dilihat pada 8 Juni 2021. <https://pixabay.com/id/photos/ban-bus-roda-baut-abu-abu-hitam-3870148/>.

Tim KKN Tematik FKIP Universitas Mulawarman. (2018). “Terbuat dari Kuningan & Besi, Harga Timbangan Dacin 100 Kg Dijual Mulai Rp 450 Ribuan“. Kurzrupiah, 24 Juni 2018, dilihat pada 16 Januari 2021.<https://kursrupiah.net/terbuat-dari-kuningan-besi-harga-timbangan-dacin-100-kg-dijual-mulai-rp-450-ribuan/17668/>.

Susilo Wahid Nugroho. (2018). “Pemeriksaan dan Sosialisasi Tera Timbangan di Bantul Libatkan Satpol PP”. Tribun Jogja, Rabu, 18 April 2018, dilihat 16 Januari 2021. <https://jogja.tribunnews.com/2018/04/18/upt-metrologi-dinas-perdagangan-bantul-lakukan-pengecekan-timbangan-di-pasar-bantul?page=all>.

Di Studio. (2019). “Close Up of Male Hands with Measuring Tape and New Laminated Wooden Floor”. Kumparan, 15 Maret 2019, dilihat pada <https://www.dekoruma.com/artikel/81481/cara-memasang-keramik-sendiri>.

Tanpa Nama. (2013). “Neraca Ohaus Dua Lengan dan Tiga Lengan“. Rumus hitung, 2 Juni 2013, dilihat pada 21 Januari 2021. <https://rumushitung.com/2013/06/02/neraca-ohaus-dua-lengan-dan-tiga-lengan/>.

WikiHow. (2017). “Banyak yang Salah! Cara Mengukur Baju dan Celana yang Benar”. Canvas Garment Manufacture, 21 Oktober 2017, dilihat pada 21 Januari 2021. <https://canvasgarment.com/banyak-yang-salah-cara-mengukur-baju-dan-celana-yang-benar/>.

Talleb, Alla Edine. (2020). “Stopwatch”. Pexels.com dilihat pada 8 Juni 2021. <https://www.pexels.com/id-id/foto/vintage-waktu-menonton-jam-5563414>

Tankilevitch, Polina. (2020). “Themometer”. Pexels.com, dilihat pada 8 Juni 2021. <https://www.pexels.com/id-id/foto/kesehatan-obat-pengobatan-demam-3873176/>.

Willquezada. (2020). “Multimeter”. Pexels.com, dilihat pada 8 Juni 2021. <https://www.pexels.com/id-id/foto/industri-kabel-tampilan-kamar-4398314/i>.

Kingsgrove North High School. (2020). “KNHS Industrial Technology Subject Selection information video”. Kingsgrove North High School, 24 Januari 2020, dilihat pada 21 Januari 2021, <https://youtu.be/NcNkX9KSHB0>.

Maryanto. (2019). “Ternyata Ini ?? 3 Pemicu Speedometer Honda Vario 125 Atau 150 Mati”. Teknik Otomotif, 3 November 2019, dilihat pada 21 Januari 2021. <https://www.teknik-otomotif.co.id/page/83/?pg=-87>.

Flickr. (2018). “Sering Diabaikan, Ini Pentingnya Angka Kedua Saat Mengukur Tekanan Darah“. Klikhijau, dilihat pada 21 Januari 2021. <https://klikhijau.com/read/sering-diabaikan-ini-pentingnya-angka-kedua-saat-mengukur-tekanan-darah/>.

Noll, Paul. (Tanpa tahun). “Gelas berukuran”. Paulnoll.com, dilihat pada 8 Juni 2021. <https://paulnoll.com/Oregon/Cooking/Cookie/hazelnut-08.jpg>.

Vicol, Emilian Robert. (2010). “Mikrometer Sekrup”, Pixabay.com, dilihat pada 8 Juni 2021. <https://pixabay.com/id/photos/mengukur-pengukuran-mekanis-88268/>

Helmi. (2018). “Bahan Pembuat Mur dan Baut Kendaraan Bisa Dilihat dari Warnanya”. Otomania, 9 Januari 2018, dilihat pada 21 Januari 2021. <https://otomania.gridoto.com/read/241183557/bahan-pembuat-mur-dan-baut-kendaraan-bisa-dilihat-dari-warnanya#!%2Fmotor%2Faksesoris%2Fhand-guard%2F>

Sinar Terang. (2016). “Admin dan Penjualan Toko Baut Sinar Terang”. Jobs.id, 1 Juni 2016, dilihat pada 21 Januari 2021. <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS_cNauAkHWJAjiTDTSvECFH-cEWu7Ig0FbXg&usqp=CAU>

Agung, Bram Selo. (2015). “Inilah Cara Mengenali Timbangan yang Dicurangi Pedagang”. Tempo, 3 November 2015, dilihat pada 21 Januari 2021. <https://nasional.tempo.co/read/715491/inilah-cara-mengenali-timbangan-yang-dicurangi-pedagang/full&view=ok>

Chatree.jyy (2020), “Coronavirus 2019” Freepik.com, dilihat pada 21 Maret 2021. <https://www.freepik.com/premium-vector/coronavirus-2019-ncov-virus-background-with-disease-cells-red-blood-cell-covid-19-corona-virus-outbreaking-pandemic-medical-health-risk-concept_7181026.htm>

Reece, J. B., & Campbell, N. A. 2008. Biology. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings.

Mader, S. S. 2015. Biology 12th Edition. New York: McGrow-Hill Education.

Seah, I., Su. S & Lingam, G. 2020."Revisiting the dangers of the coronavirus in the ophthalmology Practice". Eye Journal Vol. 34, hal. 1155-1157.

Kantor Staff Presiden RI. (2020). "Infografis Isolasi Mandiri". Dilihat pada 15 Februari 2021. <http://ksp.go.id/waspada-corona.html.>

Andy. (2019). "Bali Starling". Flickr, 16 Februari 2019, dilihat pada 28 Februari 2021. <https://www.flickr.com/photos/andysnapper1/40170119833/>.

Goebel, Greg. (2012). "Anoa". Flickr, 20 Juli 2012, dilihat pada tanggal 28 Februari 2021. <https://www.flickr.com/photos/37467370@N08/7612044426/>.

Pratama, Reza. (2009). "Cendrawasih". Flickr, 26 Agustus 2009, dilihat pada tanggal 28 Februari 2021. <https://www.flickr.com/photos/rezthedoctor/3858871520/>.

Compost, Alain. (2013). "Javan Rhino". Flickr, 13 Desember 2013, dilihat pada tanggal 28 Februari 2021. <https://www.flickr.com/photos/rhinosirf/11354770245/>.

Eickhoff, David. (2009). "Santalum album". Flickr, 14 September 2009, dilihat pada tanggal 28 Februari 2021. <https://www.flickr.com/photos/dweickhoff/5187913677/>.

Aisyah, Dewi. (2016). "Kunyit". Flickr, 2 September 2016, dilihat pada tanggal 28 Februari 2021. <https://www.flickr.com/photos/142189778@N02/28776628334/>.

Rick. (2017). "Paramecium". Flickr, 4 Juli 2017, dilihat pada tanggal 28 Februari 2021. <https://www.flickr.com/photos/14643312@N02/34940165333/>.

Dharmasura, Aditya. (2016). "A Thousand Year Old "Ulin" Tree in Kutai National Park, East Kalimantan". Flickr, 14 Agustus 2016, dilihat pada tanggal 28 Februari 2021 <https://www.flickr.com/photos/ariaman/28559073504/>.

Stangline, Kyle. (2014). "Rhizopus stolonifer". Flickr, 15 April 2014, dilihat pada tanggal 28 Februari 2021. <https://www.flickr.com/photos/123468636@N08/13885290863/>.

NIH Image Galery. (2016). “E. coli Bacteria”. Flickr, 2 Februari 2016, dilihat pada tanggal 28 Februari 2021. <https://www.flickr.com/photos/nihgov/24661308922/>.

Cheng, Junting dkk. (2018). Oncolitic herpes simplex virus ICP47 deletion reverses tumor immune evasion. Yangtse Medicine Journal. vol 2. 214-224.

Yusuf, Muhammad. (2008). “Buah Merah”. Flickr, 8 November 2008, dilihat pada tanggal 21 Maret 2021. <https://www.flickr.com/photos/109994364@N07/12555270405/>.

MoEF (2018). “Green growth policy review of Indonesia” dilihat tanggal 20 Februari 2021. <https://www.oecd.org/environment/oecd-green-growth-policy-review-of-indonesia-2019-1eee39bc-en.htm>

https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2015/12/sustainable-development-goals-kick-off-with-start-of-new-year/ Diunduh tanggal 20 Februari 2021 pukul 21.00 WIB

https://www.wwf.org.uk/updates/how-does-plastic-end-ocean/. Diunduh tanggal 20 Februari 2021 pukul 21.00 WIB

http://balittra.litbang.pertanian.go.id/index.php/berita/info-aktual/2330-bangkitnya-lahan-rawa. Diunduh tanggal 25 Februari 2021 pukul 20.23 WIB

http://rbx-exhibit2000.scs.illinois.edu//large/01_19.gif. Diunduh tanggal 25 Februari 2021 pukul 20.23 WIB

Sochi. “Johann Joachim Becher”. Saburchill.com Diunduh tanggal 19 Juni 2021. <https://www.saburchill.com/HOS/chemistry/017.html>

DDK Marburg. “Potret Georg Ernst Stahl”, Portaitindex.de. Dilihat pada 18 Juni 2021. <https://www.portraitindex.de/documents/obj/34020816>

Bustomi, Adeng. (2019). “Kincir Air untuk Mengairi Lahan Pertanian”. Medcom, 10 Juli 2019, dilihat pada 3 Maret 2021. <https://www.medcom.id/foto/news/Rkjzj16k-kincir-air-untuk-mengairi-lahan-pertanian>

Roosyana, Roomy. (2019). “Jasa Kincir Air di Kala Kemarau”. Lokadata, 7 Oktober 2019, dilihat pada 6 Februari 2021. <https://lokadata.id/artikel/mengatasi-kekeringan-dengan-kincir-air-warisan-nenek-moyang>.

Hubpng. (2020). “Pohon png Vector”. Hubpng, 16 Januari 2020, dilihat pada 6 Februari 2021. <https://hubpng.com/>.

Kementerian ESDM. (2020). “Konsumsi Listrik Nasional Terus Meningkat”. Databoks, 9 Januari 2020, dilihat pada 21 Januari 2021. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2020/01/10/konsumsi-listrik-nasional-terus-meningkat#>.

Wahyudi, Nova. (2020). “Terkendala Infrastruktur dan Energi, 433 Desa Belum Teraliri Listrik”. Katadata, 3 April 2020, dilihat pada 24 Januari 2021. <https://katadata.co.id/happyfajrian/berita/5e9a41f6be793/terkendala-infrastruktur-dan-energi-433-desa-belum-teraliri-listrik>.

ThinkGeoEnergy. (2019). “The Top 10 Geothermal Countries 2019 – based on installed generation capacity (MWe)”. ThinkGeoEnergy, 27 Januari 2020, dilihat pada 22 Februari 2021. <https://www.thinkgeoenergy.com/the-top-10-geothermal-countries-2019-based-on-installed-generation-capacity-mwe/>.

Adi, Agus Purnomo. (2014). “Pengaruh Waktu Penahanan Hidrotermal terhadap Karakteristik Zeolit yang Disintesis dari Limbah Geotermal”. UNDIP, 22 Januari 2014, dilihat pada 22 Februari 2021. <http://eprints.undip.ac.id/41554/>.

https://www.suara.com/tekno/2021/01/20/164554/ada-potensi-logam-tanah-jarang-dalam-lumpur-lapindo, Diunduh tanggal 20 Januari 2021.

OpenStax College (2017). “Chemistry”. Openstaxcollege.org, dilihat tanggal 19 Juni 2021. <openstaxcollege.org/textbooks/chemistry/get>

https://www.esmfoundation.org/material-of-the-month-rare-earth-elements/. Diunduh tanggal 25 Februari 2021 pukul 20.23 WIB

Baker, Eric. (2018). Flickr, 26 Februari 2018, dilihat pada tanggal 6 April 2021. <https://www.flickr.com/photos/chericbaker/40574333312/>.

Muridyanto, Tri. (2011). Flickr, 5 Juli 2011, dilihat pada tanggal 6 April 2021. < https://www.flickr.com/photos/tri-007/5906387466/>.

Sosrosaputro, Joshua. (2008). Flickr, 14 September 2008, dilihat pada tanggal 17 April 2021. <https://www.flickr.com/photos/kazeeee/2871783593/>.

Kohl, Ken. (2013). Flickr, 22 Januari 2013, dilihat pada tanggal 17 April 2021. <https://www.flickr.com/photos/90350750@N05/8405829157/in/photostream/>

Australian Government, Department of Agriculture, Water and the Environtment. “Greenhouse Effect”, <https://www.environment.gov.au/climate-change/climate-science-data/climate-science/greenhouse-effect> Diunduh tanggal 1 Mei 2021 pukul 21.00 WIB

Hughes, TP, Kerry, JT, Álvarez-Noriega, M et al. (43 more authors) (2017) Global warming and recurrent mass bleaching of corals. Nature, 543 (7645). pp. 373-377. ISSN 0028-0836.

Kamenos, Nicholas A. & Hennige, Sebastian J. (2018). Reconstructing Four Centuries of Temperature-Induced Coral Bleaching on the Great Barrier Reef. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00283>. Diunduh tanggal 2 Mei 2021 pukul 18.00 WIB

Biodata Pelaku Perbukuan

1. Penulis

Nama Lengkap : **Ayuk Ratna Puspaningsih, S.Pd., M.Pd.**
Email : bi.jegeg@gmail.com
Instansi : SMA Negeri Bali Mandara
Alamat Instansi : Jln. Air Sanih, Kubutambahan, Buleleng, Bali
Bidang Keahlian : Biologi

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Guru Biologi di SMA Negeri Bali Mandara (2011–sekarang)
2. Duta Sains Tahun 2019 PPPPTK IPA
3. Pengajar Praktik Baik Angkatan I Program Guru Penggerak
4. Fasilitator pada beberapa kegiatan pengembangan profesi guru

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. Magister Pendidikan Sains – Universitas Pendidikan Ganseha (2009–2011)
2. Sarjana Pendidikan Biologi – Universitas Pendidikan Ganesha (2005–2009)

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Paper Presenter pada International *Joint Conference on STEM Education* Tahun 2020: *Implementation of STEM based ILU on Respiratory System*
2. Pemakalah Terbaik Kedua Simposium Nasional PPPPTK IPA Tahun 2019: *Implementasi Biology Interactive Notebook* dalam *Flipped Classroom* pada Materi Metabolisme
3. Finalis Inobel Katagori SMA Tahun 2018: Pengembangan *Screencast* dalam Pembelajaran Biologi pada *Flipped Classroom*

2. Penulis

Nama Lengkap : **Elizabeth Tjahjadarmawan, S.Si, M.Pd**
Email : gurukimiadigital2020@gmail.com
Instansi : SMA Xaverius 1 Jambi
Alamat Instansi : Jln AR Saleh no 19 Kel. Thehok - Kec Jambi Selatan Kota Jambi 36138
Bidang Keahlian : Kimia

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Guru Kimia di SMA Xaverius 1 Kota Jambi (1996–sekarang)
2. Kepala Laboratorium Kimia di SMA Xaverius 1 Kota Jambi (2015–sekarang)
3. Pendamping dan Pembina Olimpiade Kimia di SMA Xaverius 1 Jambi dan Provinsi Jambi (2005–2019)
4. Pendamping dan Pembina Olimpiade IPA SD Provinsi Jambi (2016–2019).
5. Menulis buku-buku Kimia Jenjang SMA ber-ISBN (2010–sekarang)
6. Tutor Mahasiswa Program Sarjana PGSD di Universitas Terbuka Jambi (2010–2011)

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. *Benchmark* Pendidikan, Kemdikbud, Korea Selatan dan Jepang (2015)
2. *Shortcourse* Program Sekolah Internasional, Dinas Pendidikan Provinsi Jambi, New Zealand (2009)
3. Magister Teknologi Pendidikan Universitas Jambi (2008)
4. Kimia, FMIPA, Institut Pertanian Bogor (1992)

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Seri BERNAS KIMIA jilid 1,2,3 – Parama Ilmu Yogyakarta – (2012; 2014; 2015),
2. *Best Practice* Guru – Deepublish Yogyakarta – (2016),

3. Merangkai Kata Meniti Asa – Leutikaprio – Yogyakarta – (2016),
4. Ngopi Dulu – Deepublish Yogyakarta – (2016),
5. Haminjon – Lingkar Antarnusa Yogyakarta – (2017),
6. Environmental Literacy – Sejuta Rahasia Cassiavera Kerinci – Cipta Media Edukasi Surabaya – (2017),
7. Kelas Kimia Punya Cerita – Yayasan Kagum Bogor – (2017),
8. Bernas Kimia Kumpulan Soal HOTS dan Pembahasan – Parama Ilmu Yogyakarta – (2018),
9. Bernas Kimia Kumpulan Soal HOTS LDS – Parama Ilmu Yogyakarta – (2018),
10. seri GAGAS KIMIA 2 (2018), GAGAS KIMIA 3 A (2019), GAGAS kimia HOTS kumpulan soal kelas 1, 2, dan 3 SMA/ MA (2019) semuanya penerbit Parama Ilmu Yogyakarta
11. GAGAS KIMIA HOTS ver AKM – Parama Ilmu Yogyakarta – (2020),
12. Guru, Kepala Sekolah, dan Pengawas Penggerak dalam *Best Practice* – Parama Ilmu Yogyakarta – (2020),
13. #Belajar dari Rumah# – Catatan Kimia dari Dapur – Parama Ilmu Yogyakarta – (2020)

Penghargaan:
1. Pelatihan Tingkat Nasional *Science and Environment – Qitep in Science* – P4TK Bandung, (2016)
2. Juara 1 Nasional – *Best Practice* Guru Tingkat SMA – P2TK Dikmen – Kemdikbud – (2013)
3. Medali Perak (Juara 2 Nasional) OSN Guru Tingkat SMA – P2TK Dikmen – Kemdikbud – (2013)
4. Juara 1 Nasional – *Best Practice* Guru Tingkat SMA – Pusbangprodik – Kemdikbud – (2013)
5. Piala Gubernur HBW Award Pendidikan – Dinas Pendidikan Provinsi Jambi (2013)
6. Juara 1 Nasional Menulis Buku Pengayaan Tingkat SMA – Pusbuk – Kemdikbud – (2010)
7. *Science Education Award TORAY Foundation* Tingkat SMA – Toray Indonesia – Jepang – (2009)
8. Finalis Nasional Guru Berprestasi Nasional Tingkat SMA – Kemdikbud – (2008)

3. Penulis

Nama Lengkap : **Niken Resminingpuri Krisdianti, S.Pd.**
Email : resminingpuri@gmail.com
Instansi : SMA Santa Maria 1 Bandung
Alamat Instansi : Jl. Bengawan no. 6, Kel. Cihapit, Kec. Bandung Wetan, Kota Bandung 40114
Bidang Keahlian : Fisika

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 tahun terakhir):

1. Guru Fisika dan Matematika Wajib SMA Pelita Bangsa Bandung (2016–2017)
2. Guru Fisika SMA Negeri 17 Bandung (2017–2018)
3. Guru Fisika SMA Santa Maria 1 Bandung (2018–sekarang)

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. Magister Fisika – Institut Teknologi Bandung (2019–sekarang)
2. Sarjana Pendidikan Fisika – Universitas Pendidikan Indonesia (2013–2017)

4. Penelaah

Nama Lengkap : **Prof. Dr. Anna Permanasari, M.Si.**
Email : anna.permanasari@upi.edu
Instansi : UPI
Alamat Instansi : Jln. Dr. Setiabudhi 229 Bandung
Bidang Keahlian : Pendidikan Kimia

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):
1. Dosen PNS UPI

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:
1. S1 Pendidikan Kimia, IKIP Bandung, 1982
2. S2 Kimia, ITB, 1992
3. S3 Kimia Analitik, ITB, 2000

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):
1. Kimia Analitik (tahun 2011)
2. Ensiklopedia Sains dalam kehidupan (2007)
3. Literasi Sains: Book Chapter (2019)
4. STEM dan Implementasinya dalam pembelajaran Sains: Book Chapter (2020)
5. Pembelajaran STEM untuk Vokasi (Modul PPG Vokasi, 2020)

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):
1. STEM untuk Pembelajaran sains (2017–2021)
2. Pembelajaran berbasis Low Carbon Education (2019–2021)
3. Pembelajaran sains berbasis ESD (2020–2021)
4. Pembelajaran sains untuk Meningkatkan literasi sains siswa (2014–2018)

5. Penelaah

Nama Lengkap : **Prof. Dr. Ari Widodo, M. Ed.**
Email : Widodo@upi.edu
Instansi : Universitas Pendidikan Indonesia
Alamat Instansi : Jl. Dr. Setiabudhi 229 Bandung
Bidang Keahlian : Pendidikan IPA

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Dosen di Departemen Pendidikan Biologi, FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia sejak 1992

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. S1 – Jurusan Pendidikan Biologi, IKIP Bandung, 1991
2. S2 – Science Education, Deakin University, Australia, 1996
3. S3 – Science Education, University of Kiel, Jerman, 2004

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Duit, R., Treagust, D. F. & Widodo, A. (2013). Teaching Science for Conceptual Change. in S. Vosniadou (Ed.). International Handbook of Research on Conceptual Change (Second Edition). New York: Routledge.
2. Widodo, A., Rochintaniawati, D. & Riandi. (2016). Indonesia. in B. Vlaardingerbroek and N. Taylor (Eds.). Teacher Quality in Upper Secondary Science Education. New York: Palgrave Macmillan.

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Empowering teachers' pedagogical content knowledge (PCK) to improve students' achievement and reasoning skills (2014–2016)
2. Microclimate studies in a STEM–based curriculum using open-source hardware and software (2016 – 2017)

3. Facilitating STEM education in Indonesian schools using open-source environmental sensors (2017 – 2018)
4. Development of Computer-based Science Education Curriculum (2018 – 2019)
5. UNITWIN cooperation programme for Quality Teacher Education (2019 – sekarang)
6. Promoting Teacher Education for Climate Change Education through Collaboration between Asian Centres of Excellence on Education for Sustainable Development (2021 – sekarang)

6. Penelaah

Nama Lengkap : **Dr. Erisda Eka Putra, S.Pd., M.Si.**
Email : ekagtk72@gmail.com
Instansi : Dit. P3GTK, Ditjen. GTK, Kemdikbud
Alamat Instansi : Komplek Kemdikbud, Senayan
Bidang Keahlian : Pendidikan IPA

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Staf LPMP Sulawesi Tengah (2003-2005)
2. Widyaiswara LPMP Sulawesi Tengah (2005-2010)
3. Staf PPMP, BPSDM PMP, Kemdikbud (2010-2015)
4. Fungsional Umum P3GTK, Kemdikbud (2015-2021)

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. S1 Pendidikan Kimia, FPMIPA IKIP Padang (1996)
2. S2 Kimia Fisika, Universitas Andalas (1999)
3. S3 Pendidikan IPA, Universitas Pendidikan Indonesia (2010)

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. STEM Education Dukung Merdeka Belajar (2021)

7. Penelaah

Nama Lengkap : **Dr. Ida Kaniawati, M.Si.**
Email : kaniawati@upi.edu
Instansi : Universitas Pendidikan IPA
Alamat Instansi : Jln. Dr. Setiabudi No 229 Bandung
Bidang Keahlian : Pendidikan Fisika/IPA

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Dosen Pendidikan Fisika dan IPA S1, S2 dan S3 di FPMIPA dan SPs UPI sejak 1992–sekarang
2. Sekretaris Jurusan di Departemen Pendidikan Fisika, 2001–2005
3. Ketua Departemen di Departemen Pendidikan Fisika, 2009–2012
4. Ketua Satuan Kendali Mutu SPs UPI Sekolah Pascasarjana UPI, 2016–2020
5. Tim Pengembang Kurikulum UPI di UPI, 2016–2019
6. Asesor BAN PT di BAN PT, 2018–sekarang
7. Kaprodi Pendidikan IPA di Sekolah Pascasarjana UPI, 2021–2024

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. S1 Pendidikan Fisika IKIP Bandung (1986–1991)
2. S2 Fisika ITB (1997–1998)
3. S3 Pendidikan IPA (2005–2009)

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Pengembangan Simulasi Komputer dalam Model Pembelajaran Kooperatif untuk Meminimalisir Miskonsepsi Fisika pada Siswa SMA di Kota Bandung (2015)
2. Implementasi Pendidikan STEM di SMP Kota Bandung (2015)

3. Pengembangan Bahan Ajar Berorientasi Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi (2016)
4. Optimasi Pengembangan Simulasi Komputer dalam Model Pembelajaran Kooperatif untuk Meminimalisir Miskonsepsi Fisika pada Siswa SMA di Kota Bandung (2017)
5. Optimasi Pengembangan Simulasi Komputer dalam Model Pembelajaran Kooperatif untuk Meminimalisir Miskonsepsi Fisika pada Siswa SMA di Kota Bandung (2018)
6. Analisis Miskonsepsi Siswa SMA Melalui Pengembangan dan Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Berbantuan Simulasi Komputer (2019)
7. Upaya Meminimalisir Miskonsepsi Siswa SMA Melalui Pengembangan dan Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Berbantuan Simulasi Komputer (2020)
8. Pengembangan Model Pendidikan IPA Tingkat SMA di Indonesia dalam Upaya Membentuk Sumbardaya IPTEK Berkompetensi STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) (2020)
9. Pengembangan Pembelajaran STEM Berbasis Education Sustainable Development dalam Meningkatkan Kemampuan Abad 21 dan Kompetensi ESD (2021)

8. Penelaah

Nama Lengkap : **Dr. Taufikurahman**
Email : pipik.taufikurahman@gmail.com
Instansi : Sekolah Ilmu dan Teknologi – ITB
Alamat Instansi : Labtek XI, Jl. Ganeca 10 Bandung
Bidang Keahlian : Biologi

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Dosen di SITH –ITB sejak 1986 sd sekarang
2. Wakil Direktur Eksekutif Kampus ITB Jatinangor 2015–2020
3. Kepala UPT Pengembangan Manusia dan Organisasi ITB, 2010–2015
4. Ketua Departemen Biologi ITB 2001 sd 2003

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. S1– Departemen Biologi ITB (1980–1985)
2. S2– Departemen Biologi ITB (1985–1987)
3. University College of Swansea (University of Wales) (1987–1993)

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Taufik Taufikurahman, Hani Susanti, Dea Prianka Ilhamsyah. 2021. Mikroalga, sebagai Bioindikator dan Fikoremediator lingkungan serta penghasil berbagai bioproduk bernilai ekonomi. Penerbit ITB.
2. Taufik Taufikurahman, Asih Suryati, Habibi Firmasnsah. 2021. Sistem Pertanian Terpadu (Integrateg Farming). Penerbit ITB.
3. Allis Nurdini, Taufikurahman, Endra Susila, Maryam Al Lubbu, Nur Fitra Haidanto, Asih Suryati. 2021. Prototipe rumah perdesaan ramah lingkungan dan tahan gempa, dalam rangka mewujudkan lingkungan yang berkelanjutan. Penerbit ITB.

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Taufik Taufikurahman*, Muhammad Arief Ardiansyah, Novi Tri Astutiningsih & Eko Agus Suyono. 2020. Cultivation of Chlorella vulgaris in Anaerobically Digested Dairy Manure Wastewater (ADDMW) for Protein and Chlorophyll Production. Sains Malaysiana 49(9)(2020): 2035-2042
2. Elfahmi*, I Ketut Adnyana, Ika Fitria & Taufik Taufikurahman. 2020. Antidiabetes Activity of Herbal Product Containing Phyllanthus niruri and Zingiber americans. Sains Malaysiana 49(9)(2020): 2159-2168
3. Taufikurahman, Jessica. 2020. Bioconversion of Napier Grass Mixed with Soybean Curd Residue Producing Bioethanol through Simultaneous Saccharification and Fermentation in Solid State Culture. 3BIO: Journal of Biological Science, Technology and Management. Vol 2, No 1 (2020): 20-30. e-ISSN: 2655-8777
4. Taufik Taufikurahman, Andira Rahmawati, Muhammad Arief Ardiansyah, Dea Prianka Ayu Ilhamsyah, dan Serafina Rosanti. 2020. Physiological strategies of Eichhornia crassipess (Mart.) Solms to tolerate Cr6+ accumulation, compared to a sensitive species Pistia stratiotes L. Jurnal Ilmu Lingkungan. Vol: 18 No: 1 (2020): 82-88
5. Taufikurahman, T., M A S Pradisa, S G Amalia, and G E M Hutahaean. 2019. Phytoremediation of chromium (Cr) using Typha angustifolia L., Canna indica L. and Hydrocotyle umbellata L. in surface flow system of constructed wetland. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 308 012020. Pp 1-9
6. Taufikurahman, T., I N Istiqomah. 2019. Phycoremediation of anaerobic digested dairy manure wastewater using Chlorella vulgaris. IOP Conf. Series :Earth and Environmental Science 299 012013. pp 1-11
7. Taufikurahman, T., Wardini, H, T., Amalia, L., Rahmawati, A., Suryati, A., Fadilla, I., dan Rizkyani,A,D,R,R., 2018. The Effect of Leather Tanning Wastewater on Paddy Fields, a case study in Garut District, West Java. J. Matem. Sains, 23, 27-32.

9. Penelaah

Nama Lengkap : **Prof. Ir. Wahyu Srigutomo, S.Si., M.Si., Ph.D.**
Email : wahyu@fi.itb.ac.id
Instansi : FMIPA - ITB
Alamat Instansi : Labtek VIII Lt.1 Jl. Ganesa 10 Bandung 40132
Bidang Keahlian : Fisika

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Dosen ITB PNS (1977-sekarang)
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung (2020-2024)
3. Direktur Sarana dan Prasarana ITB (Feb 2015-Feb 2020)
4. Wakil Direktur Sarana dan Prasarana ITB (Des 2012–Feb 2015)
5. Manager of Kerjasama dan Pengabdian Masyarakat FMIPA ITB (Jan 2011–Des 2012)

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. Strata BSc. (S.Si.), Bandung Institute of Technology, Indonesia, Bidang Studi Fisika (*2-D Electromagnetic modeling using the integral equation method*), Lulus tahun 1995.
2. Strata MSc. (M.Si), Bandung Institute of Technology, Indonesia, Bidang Studi Fisika (*2-D Electromagnetic modeling using the finite-element method for plane wave [MT] and current source cases*), Lulus tahun 1997.
3. Strata Ph.D., The University of Tokyo, Tokyo, Japan, Bidang Studi Geofisika (*Resistivity structure of Unzen Volcano from TDEM data and its implication to magmatic volatiles–groundwater interaction*), Lulus tahun 2002.
4. Strata Ir., Program Studi Program Profesi Insinyur, Bidang Studi Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Pertambangan dan Mineral (FTTM) ITB, Lulus tahun 2021.

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Wahyu Srigutomo; Kapita Selekta Fisika Sistem Kompleks (lecture notes), Bandung, 2012, ITB Publisher.
2. Wahyu Srigutomo & I G. P. F. Soerya Djaja; Prinsip Dasar dan Interpretasi Numerik Seismik Refraksi (apps-book), Jakarta, 2018, Erlangga.

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Pemanfaatan Bahan Bakar Nuklir Berbasis Thorium Untuk Industri Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) di Indonesia (2020).
2. Pemanfaatan Bahan Bakar Nuklir Berbasis Thorium Untuk Industri Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) di Indonesia (2019).
3. Pemodelan Numerik Fisika Gunungapi Untuk Studi Mekanisme Aktivitas Gunungapi (Studi Kasus Gunung Sinabung) (2018).
4. Pengembangan Sistem Deteksi Dini Gunung Api Berbasis Internet of Things (IoT) (2018).
5. Peningkatan Efisiensi Pemanfaatan Energi Biogas dengan Venturimeter (2018).
6. Development of 3-D Magnetotelluric Finite Element Modeling and Efficient Non-Linear Inversion in Volcanology and Gheothermal System (2018).
7. Pemanfaatan Bahan Bakar Nuklir Berbasis Thorium Untuk Industri Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) di Indonesia (2018).
8. Pengembangan Pemodelan dan Inversi Geometri Kontinu Metode Self-Potential dan DC Resistivity serta Aplikasinya untuk Investigasi Struktur Hidrologi Dangkal (2017).
9. Studi struktur bawah permukaan gunung Tangkuban Parahu dan sekitarnya berdasarkan data elektromagnetik yang diintegrasikan dengan data geofisika lainnya untuk menentukan zona sumber panas bumi (2016).
10. Pengembangan Model Predator-Mangsa KF untuk Menyelidiki Pengaruh Konsentrasi Aerosol terhadap Curah Hujan di Beberapa Wilayah Indonesia (2016).
11. Pengembangan Sistem Deteksi Dini Gunung Api (2016).
12. Implementasi Metode Time Domain Electromagnetic (TDEM) untuk monitoring injeksi CO_2 ke bawah permukaan bumi (2016).

13. Implementasi Metode Time Domain Electromagnetic (TDEM) untuk monitoring injeksi CO_2 ke bawah permukaan bumi (2015).
14. Pemanfaatan limbah nuklir tingkat tinggi pada beberapa tipe reaktor nuklir berpendingin gas bersuhu tinggi (HTGR) (2015).
15. Pemodelan Kuantitatif Aliran Hidrotermal Gunung Tangkuban Parahu Berbasis Data Self-Potential dan Magnetotellurik (2014).
16. Support of the Government of Norway to the Gundih CCS Pilot Project, Central Java Province-Indonesia (2014).
17. Pengembangan Portable Controlled Source Electromagnetic Berbasis Sensor Fluxgate Untuk Monitoring Sifat Magnetik Tanah Pertanian (2013).
18. Studi Perilaku Fraktal Struktur Mikroskopis Tanah Gambut (2013).

10. Ilustrator

Nama Lengkap : **Fajar Aditama**
Email : fajaraditama79@gmail.com
Instansi : Praktisi
Bidang Keahlian : Ilustrasi, Desain Grafis

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 tahun terakhir)

1. Ilustrator dan Desainer Freelance (2019–sekarang)
2. Ilustrator dan Desainer Grafis di PusComm (2014–2019)

11. Penyunting dan Penata Letak

Nama Lengkap : **Wahyu Noveriyanto**
Email : rexaqilamedia@gmail.com
Instansi : Praktisi
Bidang Keahlian : Desain Grafis

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 tahun terakhir)

1. Pengelola Rexaqila Media (2020–sekarang)
2. Editor dan Desainer Grafis di Penerbit Parama Ilmu (2018–2020)
3. Tutor di PKBM Mandiri Bantul (2014–2015)
4. Desainer Grafis di Percetakan Candra (2012–2020)
5. Editor dan Desainer di CV. Ario (2008–2012)

12. Penata Letak

Nama Lengkap : **Wahyu Putri Novilestari**, **S.Kom**
Email : wnovilestari@gmail.com
Instansi : Praktisi
Bidang Keahlian : Desain Grafis, Web Developer

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:
Sarjana Informatika – Universitas PGRI Yogyakarta (2016–2020)

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 tahun terakhir)
1. Desainer Grafis Rexaqila Media (2020–sekarang)
2. Pengelola Carrissa Media (2020–sekarang)